

В. М. Кузин

ПЕРЕНОСНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИБОРЫ

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1162

В. М. Кузин

Переносные комбинированные приборы

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



Москва
«Радио и связь»
1991

ББК 32.842
К89
УДК 621.396.6.001.92(03)

Кузин В. М.

К89 Переносные комбинированные приборы: Справочное пособие.— М.: Радио и связь, 1991.— 144 с.: ил.— (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1162).

ISBN 5-256-00637-1.

Рассмотрены схемы, принцип действия, характеристики, устройство и основные правила применения промышленных комбинированных приборов для измерения электрических величин. Приведены принципиальные электрические и монтажные схемы, карты электрических цепей и другие сведения о наиболее распространенных среди радиолюбителей комбинированных приборах. Даны практические рекомендации по отысканию и устранению неисправностей.

Для широкого круга радиолюбителей.

К $\frac{2302020600-081}{046(01)-91}$ 48-91 **ББК 32.842**

ISBN 5-256-00637-1

В практике измерений большое распространение получили переносные комбинированные приборы, позволяющие измерять несколько физических величин в широких пределах значений. Наиболее полно возможности переносных комбинированных приборов можно реализовать при условии правильной эксплуатации и учета влияния их характеристик на результаты измерений, что требует прежде всего знакомства с теорией измерений и наличия необходимой информации о комбинированных приборах как средствах измерений.

В процессе эксплуатации переносных комбинированных приборов могут возникать различного вида неисправности, вызванные как износом и старением элементов системы, так и неправильными действиями оператора. При ремонте этих приборов возможны трудности, связанные с отсутствием маркировки элементов на монтажных платах или колодках, схем расположения элементов и другой необходимой информации.

Не каждый радиолюбитель имеет возможность приобрести переносной комбинированный прибор заводского изготовления. В этом случае вполне реально смонтировать простой комбинированный прибор самостоятельно даже начинающим радиолюбителям.

Предлагаемая читателям книга написана на основе многолетнего опыта эксплуатации переносных комбинированных приборов. В ней изложены основные сведения об измерениях, рассмотрены принципы построения измерительных схем по видам измеряемых физических величин, дана методика подготовки и проведения измерений различных физических величин комбинированными приборами с учетом влияния их характеристик на результаты измерений.

В книге представлены технические и метрологические характеристики, электрические принципиальные, а также монтажные схемы промышленных переносных комбинированных приборов Житомирского производственного объединения «Электроизмеритель» и некоторые варианты исполнения приборов другими заводами.

Подробно рассмотрены вопросы ремонта переносных комбинированных приборов от отыскания неисправностей до подгонки характеристик отдельных элементов с использованием перечня типовых неисправностей и карт электрических цепей на каждый прибор. Такая методика позволяет существенно облегчить ремонт.

Предложен ряд схем любительских комбинированных приборов различного назначения с методикой расчета их элементов и практическими советами по изготовлению. При этом предполагается творческий подход к конструированию и изготовлению приборов в зависимости от конкретных возможностей радиолюбителя. В процессе работы над выбранными конструкциями у читателей могут возникнуть вопросы по компоновке и конструкции приборов. В таких случаях следует обращаться к рекомендованной литературе.

1. РАДИОЛЮБИТЕЛЮ О МЕТРОЛОГИИ

В настоящее время все более возрастает значение измерений как источника объективной информации о параметрах, характеризующих состояние и свойства объектов, качество выпускаемой продукции. Любая область науки, техники и практической деятельности человека, в том числе радиолюбительская практика, немыслима без измерений, начиная с понятий «далеко — близко», «легкий — тяжелый» и кончая контролем сложных технологических процессов и выполнением научных исследований.

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Единство измерений — такое их состояние, при котором результаты выражены в стандартизованных единицах (см. табл. 1) и погрешность измерений известна с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Измерение — процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств (средств измерений).

Средство измерения — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства. Появляются все более сложные, точные и удобные в работе приборы. Среди их множества особое место занимают комбинированные приборы — постоянные спутники и помощники основной массы радиолюбителей и большого числа специалистов, занимающихся обслуживанием и ремонтом различного рода оборудования — от автоматических линий до бытовой техники.

Комбинированным прибором называют средство измерений, с помощью которого можно измерять несколько физических величин в широком интервале значений.

Физическая величина — свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Взять хотя бы электрическое напряжение — это свойство, в качественном отношении общее для всех источников электрической энергии — от гидроэлектростанции до гальванического элемента, но в количественном отношении различное и характеризующееся конкретным численным значением. Если на гальваническом элементе написано, например, «1,5 В», то число 1,5 — это значение напряжения, а буква В означает, что оно измерено в единицах напряжения, называемых вольтами.

Некоторые единицы физических величин представлены в табл. 1.

Различают истинное и действительное значения физической величины. *Истинное значение физической величины* — значение, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство данного объекта. Истинное значение практически недостижимо.

Поэтому на практике используют *действительное значение физической величины* — значение, полученное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что в том или ином конкретном случае может быть использовано вместо него.

По физическому смыслу измерения подразделяют на прямые и косвенные. *Прямое измерение* — измерение, при котором искомое значение физической величины считывают непосредственно со шкалы прибора. Например, измерение напряжения вольтметром, тока — амперметром.

Косвенное измерение — измерение, при котором искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями. Например, вычисление значения тока по формуле $I = U/R$, причем значение напряжения измеряют вольтметром, а значение сопротивления резистора, как правило, постоянно и известно.

Таблица 1. **Единицы физических величин**

Физическая величина	Единица: основная или производная — наименование	обозначение: русское	обозначение: международное	Единица: кратная или дольная — наименование	обозначение: русское	обозначение: международное	Соотношения между кратной и основной единицей
Ток	Ампер	А	A	Миллиампер Микроампер Наноампер	мА мкА нА	mA μA nA	1 мА = 10^{-3} А 1 мкА = 10^{-6} А 1 нА = 10^{-9} А
Напряжение	Вольт	В	V	Киловольт Милливольт Микровольт	кВ мВ мкВ	kV mV μV	1 кВ = 10^{3} В 1 мВ = 10^{-3} В 1 мкВ = 10^{-6} В
Сопротивление	Ом	Ом	Ω	Мегом Килоом Гигаом Тераом	МОм кОм ГОМ ТОм	MΩ kΩ GΩ TΩ	1 МОм = 10^{6} Ом 1 кОм = 10^{3} Ом 1 ГОм = 10^{9} Ом 1 = ТОм = = 10^{12} Ом
Емкость	Фарада	Ф	F	Микрофарада Нанофарада Пикофарада	мкФ нФ пФ	μF nF pF	1 мкФ = 10^{-6} Ф 1 нФ = 10^{-9} Ф 1 пФ = 10^{-12} Ф
Частота	Герц	Гц	Hz	Килогерц Мегагерц Гигагерц	кГц МГц ГГц	kHz MHz GHz	1 кГц = 10^{3} Гц 1 МГц = 10^{6} Гц 1 ГГц = 10^{9} Гц

Основная задача измерений — обеспечение точности, достоверности, сравнимости результатов и их единство. Вопросы теории и практики обеспечения единства и точности результатов измерений, получаемых с помощью средств измерений, определяют содержание метрологии.

Точность измерений характеризуется близостью их результатов X к истинным (действительным) значениям X_0 и выражается погрешностью измерения. Различают абсолютную ΔX, относительную δ и приведенную γ погрешности.

Абсолютная погрешность — непосредственное отклонение измеренного значения X от действительного X_0, выражаемое в единицах измеряемой величины:

$$\Delta X = X - X_0.$$

Например, если при измерении напряжения, действительное значение которого $U_0=100$ В, получено измеренное значение $U=98$ В, то абсолютная погрешность измерения

$$\Delta U = U - U_0 = -2 \text{ В}$$

или при измерении напряжения, действительное значение которого $U_0=1$ В, получено измеренное значение $U=1{,}05$ В, то абсолютная погрешность

$$\Delta U = U - U_0 = 0{,}05 \text{ В}.$$

Относительная погрешность служит для оценки точности измерений. Ее выражают отношением абсолютной погрешности к действительному (или измеренному) значению в долях или в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_0} \approx \frac{\Delta X}{X}; \quad \delta = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100.$$

Для приведенных примеров

1) $\delta = \dfrac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = -2\%$,

2) $\delta = \dfrac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = 5\%$.

Следовательно, первое измерение по абсолютной величине является более точным, хотя абсолютная погрешность в первом примере больше, чем во втором.

Для сравнительной оценки точности электромеханических приборов, в том числе комбинированных, используют приведенную погрешность, под которой понимают выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению X_N:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100.$$

Значение X_N для одноопределенных приборов принимают равным конечному значению шкалы прибора или сумме конечных значений, если шкала двусторонняя, для многопредельных приборов — пределу измерения, на котором ведут измерение.

При существенно неравномерной шкале (логарифмической, гиперболической) приведенную погрешность выражают в процентах от длины шкалы:

$$\gamma = \frac{\Delta X l}{LC} \cdot 100,$$

где L — длина рабочей части шкалы, мм, l — расстояние между двумя соседними делениями на участке шкалы, где остановилась стрелка, мм, C — цена упомянутого расстояния в единицах измеряемой величины.

Приведенную погрешность, определенную для конкретного прибора при нормальных условиях (определенной температуре, влажности, атмосферном

давлении и др.), называют основной погрешностью прибора. Нормальные условия указывают в техническом описании прибора. Основная погрешность обусловлена выбранным методом измерения, конструктивными недостатками прибора, погрешностью градуировки шкалы, погрешностью отсчета. При отклонении условий эксплуатации прибора от нормальных возникают дополнительные погрешности (температурная, частотная и другие).

Обобщенную характеристику, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, называют классом точности прибора и определяют стандартом. Класс точности характеризует свойства приборов в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности отдельных измерений, выполняемых с помощью этих приборов. Приборам, у которых пределы допускаемой основной погрешности заданы приведенной погрешностью, присваивают согласно ГОСТ 8.401—80 тот или иной класс точности, выбираемый из ряда: $1\cdot10^n$; $1{,}5\cdot10^n$; $2\cdot10^n$; $2{,}5\cdot10^n$; $4\cdot10^n$; $5\cdot10^n$; $6\cdot10^n$, где $n=1, 0, -1, -2$ и т. д., например, для электроизмерительных приборов приняты классы точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, где более точным является прибор с классом точности 0,02.

Через определенное время, установленное метрологическими документами, а также после ремонта, при сомнении в показаниях и т. д. производят проверку соответствия допускаемой основной погрешности прибора установленному классу точности, иначе говоря, прибор подвергают поверке. Поверкой средства измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки его погрешности с целью выяснить, соответствуют ли точностные характеристики средства регламентированным значениям и пригодно ли оно к применению.

Для поверки приборов класса точности 0,5...4,0, к которым отнесены и комбинированные приборы, применяют метод сравнения их показаний с показаниями образцовых (более точных) приборов. Образцовый прибор выбирают исходя из характеристик поверяемого прибора, а именно: рода измеряемой величины (амперметр, вольтметр, микроамперметр и т. д.), рода измеряемого тока (постоянный, переменный) и частотного диапазона для переменного тока, класса точности (класс точности образцового прибора должен быть выше класса точности поверяемого не менее чем в 4 раза), предела измерений (конечные значения шкал образцового и поверяемого приборов не должны отличаться более чем на 25%).

При отсутствии образцового прибора, удовлетворяющего последнему требованию, можно использовать прибор с большим пределом измерений, но более высокого класса точности, определяемого по формуле

$$\gamma_0 \leqslant \frac{\gamma_п A_п}{4 A_0},$$

где γ_0 — класс точности образцового прибора, $\gamma_п$ — класс точности поверяемого прибора, $A_п$ — предел измерения поверяемого прибора, A_0 — предел измерения образцового прибора.

При поверке основная погрешность прибора определяется для каждой числовой отметки шкалы поверяемого прибора 2 раза. Вначале, увеличивая выходное напряжение (ток) источника питания, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы, плавно подводя его к этой отметке со стороны меньших значений («снизу»), и опреде-

ляют для каждой поверяемой точки действительное значение измеряемой величины по образцовому прибору $\uparrow A_{0i}$. Дойдя до конца шкалы, увеличивают измеряемую величину так, чтобы указатель (стрелка) поверяемого прибора дошел до упора и теперь, плавно уменьшая напряжение, снимают показания образцового прибора $\uparrow A_{0i}$ для каждой отметки шкалы A_{ni} поверяемого прибора, подводя к ней указатель со стороны больших значений («сверху»).

Для каждой числовой отметки шкалы вычисляют среднее арифметическое от действительных значений $A_{0i} = \frac{\uparrow A_{0i} + \downarrow A_{0i}}{2}$ и абсолютные погрешности $\Delta A_i = A_{ni} - A_{0i}$.

Затем проверяют условие соответствия определенной допускаемой погрешности классу точности

$$\frac{\Delta A_{max}}{A_n} \cdot 100 \leq \gamma_n,$$

где γ_n — класс точности поверяемого прибора, ΔA_{max} — наибольшее числовое значение абсолютной погрешности без учета знака, A_n — предел измерения, на котором проводилась поверка.

Если условие выполняется, то точностные характеристики прибора соответствуют требуемым и его считают пригодным к эксплуатации.

Встроенные омметры и измерители емкости поверяют путем измерения известных значений соответствующих величин, например набора (магазинов) резисторов или конденсаторов, параметры которых приняты за действительные значения. Допускаемая погрешность вычисляется как приведенная погрешность к длине шкалы при каждом значении измеряемой величины.

Здесь описан упрощенный подход к проведению поверки. В действительности процесс поверки средств измерений есть сложный комплекс мероприятий, связанный с определением большого числа характеристик. Поверку имеют право проводить поверители, имеющие специальную подготовку и удостоверение на право поверки, выдаваемое метрологическими органами. Факт поверки оформляют документально, а на прибор наносят специальное клеймо, несущее информацию о квартале и годе поверки, номере и принадлежности организации, ее проводившей.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Комбинированные приборы являются универсальными измерительными многопредельными приборами. Их применяют для непосредственного измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения, для контроля наличия или отсутствия тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов; для определения обрыва или замыкания цепей в кабелях, жгутах, предохранителях и электрорадиоэлементах, для проверки исправности различных электрорадиоэлементов.

Приборы могут иметь до четырех десятков пределов измерений. Малое число органов управления современными комбинированными приборами создает удобства в эксплуатации и снижает вероятность выхода приборов из строя вследствие неправильного применения.

Технические характеристики отечественных комбинированных приборов приведены в табл. 2. Основная погрешность (класс точности) приборов выражена в процентах от значений пределов измерений, указанных в таблице для постоянного и переменного токов и напряжений. При измерении сопротивления постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения — в процентах от длины рабочей части шкалы.

Основная погрешность приборов не превышает указанных значений при нормальных условиях или нормальных значениях влияющих факторов, а именно: рабочее положение — горизонтальное с отклонением $\pm 2°$, температура 15 ... ...25° С (для вариантов с буквой «Т» в обозначении 22...32° С), влажность — 80%, форма кривой тока или напряжения — синусоидальная.

Изменение показаний приборов при отклонении их рабочего положения от горизонтального на 10° в любом направлении не превышает допускаемых погрешностей.

Дополнительные погрешности, вызванные изменением температуры на 10° С в пределах рабочих температур, не превышают основных погрешностей.

Изменения показаний приборов, вызвнные изменением частоты от границ номинальных областей до любых значений в расширенных областях частот при измерении переменного тока и напряжения, относительного уровня переменного напряжения, не превышают допустимых значений основных погрешностей.

Погрешность измерений, вызванная отклонением формы кривой тока или напряжения от практически синусоидальной под влиянием второй, третьей или пятой гармонических составляющих, равной 5% действующих значений измеряемого тока или напряжения, не превышает значения основной погрешности.

Изоляция приборов между всеми изолированными электрическими цепями и корпусом приборов при нормальных значениях температуры и влажности выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения (значение указано на шкале приборов в киловольтах) практически синусоидальной формы и частотой 50 Гц.

В комбинированных приборах применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом. Принцип действия этих механизмов основан на взаимодействии измеряемого тока, протекающего по проводникам подвижной катушки, с магнитным полем постоянного магнита. В приборах более ранних выпусков еще применяли измерительные механизмы с внешним магнитом. Их принцип действия аналогичен.

Магнитоэлектрический механизм с внутрирамочным магнитом (рис. 1) содержит внутренний цилиндрический магнит 8 из магнитотвердого материала, кольцо 6 из магнитомягкого материала. В воздушном зазоре между ними образуется практически равномерное магнитное поле. В воздушном зазоре помещена рамка 7 из изолированного медного провода диаметром 0,02 ... 0,5 мм, намотанного на легкий алюминиевый каркас прямоугольной формы. К рамке с двух сторон прикреплены алюминиевые буксы 5, в которых закреплены полуоси 3 и 9.

Полуоси выполнены в виде легких алюминиевых трубок, в которые с одной стороны запрессованы керны (отрезки стальных стержней, заточенных с внешней стороны на конус). Опираются керны на агатовые или корундовые подпятники, закрепленные на неподвижных частях прибора. Рамка 7 может поворачиваться

вместе с полуосями 3 и 9 стрелкой 1, конец которой перемещается над шкалой 2. Плоские спиральные пружины 4 и 11 служат для создания момента, противодействующего повороту рамки, и для подвода тока к рамке. Одна из пружин закреплена между полуосью и корпусом. Другая пружина, со стороны шкалы, одним концом прикреплена к полуоси, а другой — к корректору 12, вилка которого охватывает эксцентричный стержень винта корректора 13. Вращением

Таблица 2. **Характеристики комбинированных приборов**

Прибор	Виды и пределы измерения				
	постоянное напряжение, В	переменное напряжение, В	постоянный ток, мА	переменный ток, мА	сопротивление, кОм
ТТ-1	10...1000	10...1000	0,2...500	—	2...2000
ТТ-2	7,5...900	7,5...900	0,3...750	—	2...2000
ТТ-3	0,1...1000	1...1000	0,3...3000	—	2...20000
ПР-5М	6...600	6...600	0,06...600	—	0,5...5000
АВ0-5М	3...6000	3...6000	0,06...12000	3...12000	3...30000
Ц20	1,5...600	7,5...600	0,3...750	—	1...1000
Ц51	3...7500	3...6000	0,75...15000	3...15000	3...30000
Ц52	0,075...7500	3...6000	0,15...6000	3...6000	10...100000
Ц55	0,075...600	0,75...600	0,3...1500	0,3...1500	10...10000
Ц56	0,075...600	0,3...600	0,3...6000	1,5...6000	3...3000
Ц56/1	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	5...5000
Ц57	0,075...600	3...600	0.15...1500	3...1500	3...3000
Ц315	2,5...1000	2,5...1000	1...5000	2,5...5000	5...5000
Ц430	0,75...600	3...600	—	—	3...3000
Ц430/1	0,75...600	3...600	—	—	3...3000
Ц431	3...600	3...600	0,3...6000	0,3...6000	0,3...3000
Ц431/1	3...600	3...600	0,3...6000	0,3...6000	0,3...3000
Ф432	6...600	0,015...600	0,06...30	0,006...3	20...2000
Ц433	0,075...750	1,5...750	0,15...7500	3...7500	—
Ц434	0,5...1000	1,5...1000	0,05...100	0,25...25000	3...30000
Ф434	0,3...600	1,5...750	0,06...600	0,3...300	5...500
Ф434/1					
Ц435	0,075...1000	2,5...1000	0,05...2500	5...2500	3...3000
Ц437	2,5...1000	2,5...1000	0,1...1000	—	0,3...3000
Ц438	0,075...600	0,3...6000	6...15000	6...15000	0,1...1000
Ц4311	0,075...750	0,75...750	0,3...7500	3...7500	—
Ц4312	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	0,2...3000
Ц4313	0,075...600	1,5...600	0,06...1500	0,6...1500	0,5...5000
Ц4314	0,075...600	0.75...600	0,012...1500	0,3...1500	1...10000
Ц4315	0,075...1000	1...1000	0,05...2500	0,5...2500	0,3...5000
Ц4317	0,1...1000	0,5...1000	0,025...5000	0,05...50000	0,2...3000
Ф4313	0,06...1200	0,3...1200	0,06...6000	0,6...6000	5000
Ф4318	0,001...1000	0,001...1000	$10^{-3}...3\cdot10^4$	$10^{-3}...3\cdot10^4$	0,5...5000
Ц4323	0,5...1000	2,5...1000	0,05...500	0,05	0,5...5000

винта стрелка устанавливается на нулевое деление шкалы. Противовесы 10 служат для уравновешивания подвижной части механизма с целью стабилизации положения стрелки 1 при изменении положения прибора и уменьшения момента трения, возникающего при вращении рамки между кернами и подпятниками.

Наиболее распространены магнитоэлектрические измерительные механизмы на растяжках (рис. 2), применяемых для крепления подвижной рамки к корпусу

Продолжение табл. 2

емкость, мкФ	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, %, при измерении			Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении напряжения		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянного тока и напряжения	переменного тока и напряжения	сопротивления	постоянного	переменного		
—	50...1000	4,0	4,0	10	5	—	215×115×75	1,6
—	50...5000	4,0	4,0	4,0	2,5	—	215×115×75	1,5
		и						
		2,5						1
—	40...10 000	2,5		2,5	10	3,3	135×110×65	1,3
—	45...10 000	4,0	4,0	2,5	16,7	7	169×116×73	8,5
—	50...1000	4,0	4,0	10	20	2	270×220×220	1,6
—	50...5000	4,0	5,0	4,0	10	2	208×118×75	4
—	30...10 000	1.0	4,0	1,0	20	2	265×185×135	
			1,5					
			и					1,3
005...10	45...1000	1,5	2,5	1,5	20	2	205×110×80	
		и	2,5					
		4,0	и					1,3
0,1	45...5000	2,5	4,0	2,5	8,3	3,3	205×110×84	1,3
—	45...10 000	1,0	4,0	1,0	0,67	0,67	205×110×84	1,3
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	205×110×84	1,3
0,3	45...5000	1,5	1,5	1,5	20	10	205×110×90	1,6
—	45...1000	1,5	2,5	2,5	1	0,4	210×130×90	0,45.
—	45...20 000	2,5	2,5	2,5	8	8	128×88×50	0,45
—	45...20 000	4,0	2,5	2,5	8	8	128×88×50	—
—	45...10 000	1,5	4,0	2,5	—	—	170×85×45	—
—	45...10 000	2,5	2,5	4,0	—	—	170×85×45	1,4
—	45...20 000	2,5	4,0	1,5	16,7	1000	210×115×90	1,7
—	45...16 000	0,5	4,0	—	10	0,67	220×170×85	2,6
—	45...10 000	1,0	1,0	1,0	20	2	240×200×150	
		и	2,5	и				
		1,5		1,5				1,3
—		2,5		2,5	16,7	3,38	210×115×90	
			4,0					1,3
0,3	45...20 000	2,5		2,5	20	2	205×110×84	1,3
—	45...40 000	2,5	4,0	2,5	10	10	212×118×75	2,5
—	45...10 000	1,5	4,0	2,5	0,67	0,67	250×200×115	4
—	45...16 000	0,5	2,5	—	0,33	0,3	295×225×125	1,5
—	45...10 000	1,0	1,0	1,0	0,67	0,67	215×115×90	1,5
0,0005	45...5000	1,5	1,5	1,5	20	2	215×115×90	1,5
0,1	45...15 000	2,5	2,5	2,5	83	3,3	215×115×90	1,5
0,03, 0,5	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	2	215×115×90	2
—	45...5000	1,5	4,0	1,5	2	4	225×120×95	2
—	45...10 000	1,5	2,5	1,5	20	20	225×120×95	3,5
0,05...500	30...20 000	1,5	2,5	1,5	1000	. 666	315×140×100	0,45
НЧ—1 кГц	45...30 000	5	2,5	5	20	20	145×90×42	

Прибор	Виды и пределы измерения				
	постоянное напряжение, В	переменное напряжение, В	постоянный ток, мА	переменный ток, мА	сопротивление, кОм
Ц4324	0,6...1200	3...900	0,06...3000	0,3...3000	0,2...5000
Ц4325	0,12...600	3...600	0,03...3000	0,3...3000	0,5...5000
Ц4326	0,6...900	3...900	0,06...3000	0,3...3000	0,2...2000
Ц4328	0,3...30	3...300	6	—	100
Ц4331	—	3...30	—	—	—
Ц4340	0,5...1000	2,5...1000	0,05... $2{,}5\cdot10^4$	0,25... $2{,}5\cdot10^4$	3...3000
Ц4341	0,3...900	1,5...750	0,06...600	0,3...300	0,5...5000
Ц4352	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	0,2...3000
Ц4353	0,075...600	1,5...600	0,06...1500	0,6...1500	0,3...5000
Ц4354	0,075...600	0,75...600	0,012...1500	0,12...1500	3...3000
Ц4360	0,5...1000	2,5...1000	0,05...2500	0,05...2500	0,2...3000
Ц4380	0,075...600	0,3...600	6...15000	6...15000	1...1000
Ц4382	2,5...1000	2,5...1000	0,5...2500	0,5...2500	2...200
Ц4393	3...600	3...600	0,12...1500	—	0,5...500
43101	0,075...1000	0,5...1000	0,05...5000	0,25...5000	$0{,}2...10^4$
43102	2...40	60...400	—	—	0,1...100
43109	0,5...1000	10...1000	0,05...500	—	0,02...500
43201	$10^{-3}...10^3$	$10^{-3}...10^3$	$10^{-3}...3\cdot10^4$	$10^{-3}...3\cdot10^4$	$0{,}5...5\cdot10^3$

механизма, создания противодействующего момента и подвода тока к виткам рамки. Растяжки 4 и 8 представляют собой тонкие ленточные пружины из бронзы. Одна из растяжек 4 закреплена на корпусе измерительного механизма. Другая растяжка 8 припаивается к подвижной шайбе 10 корректора. Применение растяжек упрощает конструкцию прибора и исключает момент трения, возникающий при движении рамки.

Легкая трубчатая алюминиевая стрелка и шкала образуют отсчетное устройство. Шкала комбинированных приборов многопредельная и содержит большое количество информации о характеристиках прибора (рис. 3). Для уменьшения погрешности отсчета иногда шкалу снабжают зеркалом, помещенным под узким дугообразным вырезом в ней, а стрелку выполняют ножевидной формы с плоскостью, расположенной перпендикулярно шкале. Показания считывают при таком положении глаза наблюдателя, когда стрелка закрывает свое изображение в зеркале.

При протекании по рамке измеряемого тока на ее активные стороны, расположенные в воздушном зазоре между магнитом и кольцом, действует пара сил, создающая вращающий момент, направление которого определяется правилом левой руки. Вращающий момент вызывает поворот рамки на угол, при котором этот момент оказывается уравновешенным противодействующим моментом, возникающим при закручивании пружин или растяжек. Благодаря равномерному постоянному магнитному полю в воздушном зазоре вращающий

емкость, мкФ	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, %, при измерении			Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении напряжения		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянного тока и напряжения	переменного тока и напряжения	сопротивления	постоянного	переменного		
ПЧ—465 кГц			5					0,6
—	45...20 000	2,5		2,5	20	4	167×98×63	0,8
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	162×98×62	0,6
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	170×100×65	1,5
Частота	—	2,5	4,0	2,5	10	2	215×115×90	
вращения			4,0					2
—	$50...10^6$	—		—	—	0,333	270×170×90	3,5
	45...10 000	1,0	1,0	1,5	20	20	255×190×130	
			1,5					1,2
	45...20 000	2,5		2,5	16,7	3,3	215×115×90	1,5
—	45...10 000	1,0	4,0	1,0	0,7	0,7	215×115×90	1,5
0,0005	45...5000	1,5	1,5	1,5	20	2	215×115×90	1,8
0,1	45...20 000	2,5	2,5	2,5	83	8,3	215×115×90	1,5
	45...5000	2,5	4,0	2,5	20	2	215×115×90	3,5
Генератор	45...10 000	1,5	4,0	1,5	0,7	0,7	290×200×135	
импульсов			2,5					3
—	45...200	2,5		2,5	7,5	2	260×178×120	2,6
0,5	45...5000	2,5	4,0	2,5	10	2	260×200×150	1,5
До 1,0	45...10 000	1,5	4,0	1,5	20	4	215×115×90	0,7
—	(1,5...9) ×	1,5	2,5	1,5			160×120×80	
	$\times10^3$мин$^{-1}$		2,5				135×85×45	0,35
—	45...20 000	4,0		4,0	20	5		2
0,05...500	45...20 000	1,0	4,0	1,5	1000	1000	300×120×104	
			2,5					

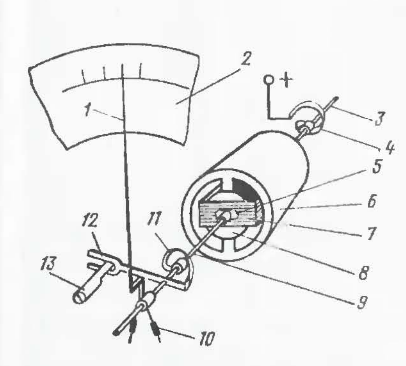


Рис. 1. Магнитоэлектрический измерительный механизм на кернах с внутрирамочным магнитом:
1 — стрелка; 2 — шкала; 3, 9 — полуоси; 4, 11 — спиральные пружины; 5 — букса; 6 — кольцо из магнитомягкого материала; 7 — рамка; 8 — постоянный магнит; 10 — противовесы; 12, 13 — корректор

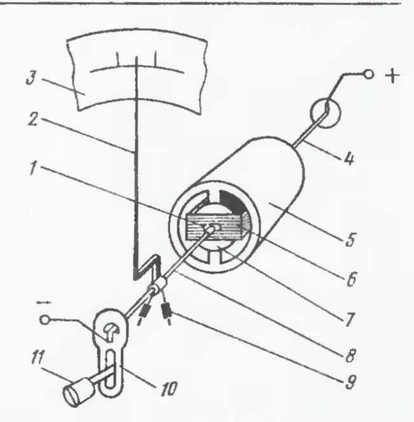


Рис. 2. Магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом:
1 — букса; 2 — стрелка; 3 — шкала; 4, 8 — растяжки; 5 — кольцо из магнитомягкого материала; 6 — рамка; 7 — постоянный магнит; 9 — противовесы; 10 — корректор; 11 — винт корректора

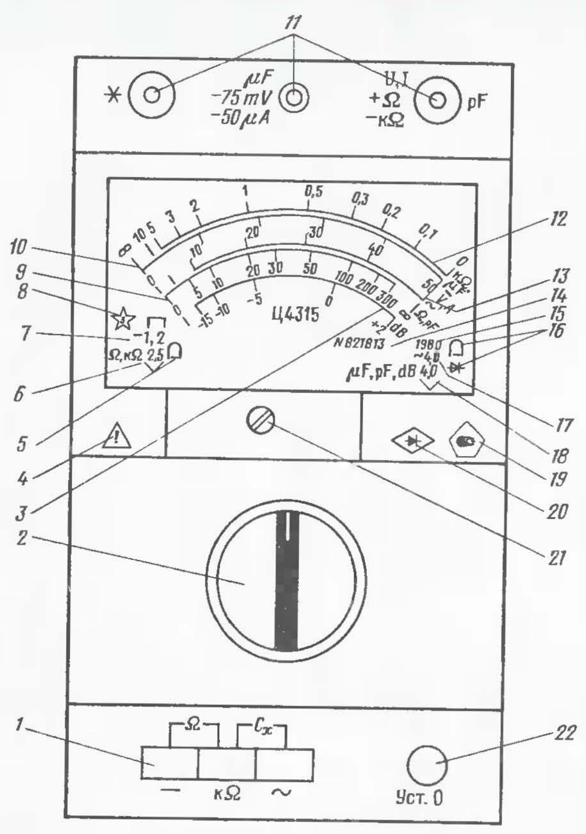


Рис. 3. Шкала и органы управления комбинированного прибора:
1 — переключатель рода работ; 2 — переключатель пределов измерений; 3 — шкала децибел; 4 — *Внимание! Изучи инструкцию*; 5 — обозначение магнитоэлектрической системы; 6 — класс точности встроенного омметра; 7 — класс точности ампервольтметра постоянного тока; 8 — сопротивление изоляции испытано напряжением 3 кВ; 9 — шкала параллельного омметра; 10 — шкала ампервольтметра постоянного тока; 11 — входные зажимы; 12 — шкала последовательного омметра; 13 — шкала ампервольтметра переменного тока; 14 — заводской номер; 15 — год выпуска; 16 — обозначение магнитоэлектрической системы с выпрямлением; 17 — класс точности ампервольтметра переменного тока; 18 — класс точности встроенного фарадометра; 19 — знак стандартов; 20 — фирменный знак завода изготовителя; 21 — винт механического корректора; 22 — ручка переменного резистора «Уст. 0» встроенных омметров и фарадометров

Рис. 4. Схема амперметра

момент, а следовательно, и угол α отклонения подвижной части пропорциональны току I, протекающему через рамку. Этот угол

$$\alpha = \frac{BSw}{M_{уд}} I,$$

где B — магнитная индукция в воздушном зазоре, зависящая от свойств применяемого магнита, S — площадь рамки, w — число витков обмотки рамки, $M_{уд}$ — удельный противодействующий момент, определяемый материалом пружин (растяжек) и их размерами.

Очевидно, что угол α отклонения подвижной части измерительного механизма линейно увеличивается вместе с измеряемым током I, поэтому шкала магнитоэлектрических механизмов равномерна.

Магнитная индукция в воздушном зазоре, число витков и площадь рамки, а также удельный противодействующий момент остаются постоянными и определяют чувствительность механизма.

При движении рамки в ее алюминиевом каркасе индуцируется ток, взаимодействие которого с полем постоянного магнита создает тормозной момент, всегда направленный против направления движения рамки. Это приводит к быстрому успокоению подвижной части механизма. Для магнитоэлектрических измерительных приборов время успокоения части не превышает 4 с.

Кроме чувствительности и времени успокоения механизмы характеризуются током полного отклонения $I_и$, т. е. током, вызывающим отклонение стрелки до конечной оцифрованной отметки шкалы, а также напряжением полного отклонения $U_и$ — падением напряжения на рамке при протекании тока $I_и$ и внутренним сопротивлением $R_и$, которое определяется сопротивлением провода рамки. Перечисленные параметры связаны законом Ома:

$$U_и = I_и R_и.$$

Магнитоэлектрические механизмы пригодны для измерений только постоянного тока, изменение направления тока в рамке приводит к изменению направления вращающего момента и отклонению подвижной части. При измерении тока с частотой до 7 Гц стрелка будет непрерывно с этой же частотой колебаться около нулевой отметки шкалы. При большей частоте измеряемого тока подвижная система вследствие своей инерционности не успевает следовать за изменением тока и остается в начальном положении. Если через рамку пропустить пульсирующий ток, то отклонение стрелки будет соответствовать значению постоянной составляющей этого тока.

Магнитоэлектрические механизмы сложны в изготовлении, имеют сравнительно низкую перегрузочную способность, обусловленную перегревом пружин (растяжек) и изменением их свойств, а также их показания зависят от температуры. Последние два обстоятельства необходимо учитывать при эксплуатации механизмов. Вместе с тем механизмы рассматриваемого вида наиболее точны и чувствительны, потребляют от исследуемой цепи очень небольшую мощность, их показания почти не зависят от действия внешних магнитных полей (из-за наличия сильного собственного магнитного поля).

В комбинированных приборах применяют только магнитоэлектрический механизм — микроамперметр с током полного отклонения $I_и = 10...300$ мкА и внутренним сопротивлением $R_и = 30...1200$ Ом. Пределы измерения по току и напряжению расширяют путем применения шунтов и добавочных резисторов.

Если измеряемый ток I превосходит по значению номинальный ток микроамперметра $I_и$ с сопротивлением $R_и$, то параллельно микроамперметру включают резистор, называемый шунтом, через который протекает ток $I_ш$ (рис. 4):

$$I_ш = I - I_и.$$

Сопротивление шунта $R_ш$ находят из условия одинакового падения напряжения при параллельном соединении

$$I_и R_и = I_ш R_ш = (I - I_и) R_ш$$

или

$$R_ш = \frac{I_и R_и}{I - I_и}.$$

Поделив числитель и знаменатель правой части равенства на $I_и$, получим

$$R_ш = \frac{R_и}{I/I_и - 1} = \frac{R_и}{n - 1},$$

где $n = I/I_и$ — коэффициент расширения по току.

Шунты изготовляют из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом. В комбинированных приборах чаще всего применяют многопредельные ступенчатые шунты (рис. 5), называемые универсальными.

Если принять $I_1 < I_2$, то сопротивление шунтов для пределов I_1 и I_2 будет соответственно равно:

$$R_{ш1} = R1 + R2 = \frac{R_и}{n_1 - 1}; \quad R_{ш2} = R1 = \frac{R2 + R_и}{n_2 - 1},$$

где $n_1 = I_1/I_и$; $n_2 = I_2/I_и$ — соответствующие коэффициенты расширения. Совместное решение этих уравнений определяет сопротивление резисторов R1 и R2 двухпредельного шунта

$$R1 = R_и \frac{n_1}{n_1 - 1}\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right); \quad R2 = R_и \frac{n_1}{(n_1 - 1)\, n_2}.$$

Расчет для многопредельного ступенчатого шунта аналогичен.

Микроамперметр с включенным последовательно добавочным резистором используется как вольтметр для измерения напряжения (рис. 6.). Измеряемое напряжение U равно сумме падений напряжения $U_и$ на внутреннем сопротивлении $R_и$ микроамперметра и $U_д$ на добавочном резисторе $R_д$ при протекающем общем номинальном токе $I_и$:

$$U = U_и + U_д; \quad I_и = U_и/R_и = U_д/R_д,$$

откуда

$$R_д = \frac{U}{U_и} R_и = \left(\frac{U - U_и}{U_и}\right) R_и = \left(\frac{U}{U_и} - 1\right) R_и = (m - 1) R_и,$$

где $m = U/U_и$ — коэффициент расширения по напряжению.

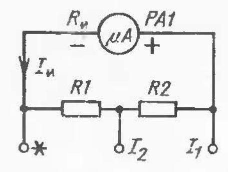


Рис. 5. Схема двухпредельного амперметра

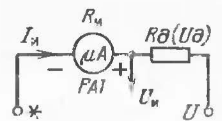


Рис. 6. Схема вольтметра

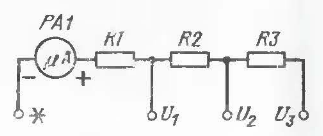


Рис. 7. Схема трехпредельного вольтметра

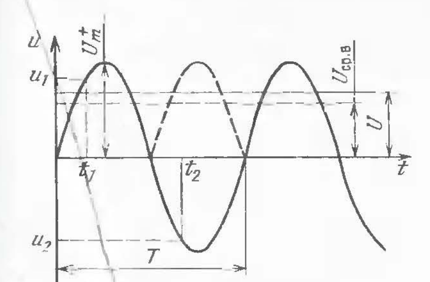


Рис. 8. Синусоидальная форма напряжения

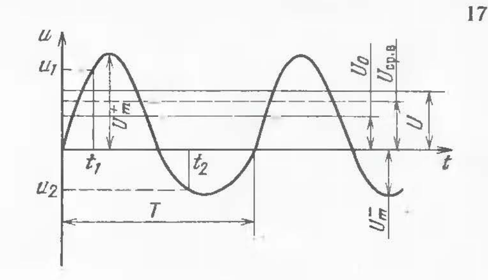


Рис. 9. Несинусоидальная форма напряжения

В комбинированных приборах используется ступенчатое включение резисторов (рис. 7), и для соответствующих пределов измерений U_1, U_2, U_3 при токе измерительного механизма $I_и$ сопротивления добавочных резисторов рассчитывают по формулам

$$R1 = (m_1 - 1) R_и; \quad R2 = (m_2 - 1) R_и - R1; \quad R3 = (m_3 - 1) - R1 - R2,$$

где $m_1 = U_1/U_и$; $m_2 = U_2/U_и$; $m_3 = U_3/U_и$ — коэффициенты расширения соответствующих пределов.

Добавочные резисторы изготовляют из манганинового провода, намотанного на круглые или прямоугольные каркасы. В приборах классов точности 2,5 и ниже в качестве добавочных используют резисторы МЛТ и др.

Для измерений на переменном токе магнитоэлектрические микроамперметры применяют совместно с полупроводниковыми выпрямителями. Для рассмотрения работы различных схем выпрямителей необходимо знать, что переменный ток и напряжение переменного тока характеризуются пятью основными параметрами: мгновенным, пиковым, средним, средневыпрямленным и среднеквадратическим значениями.

Мгновенное значение — это значение напряжения в определенный момент, например значение напряжения u_1 в момент t_1 или u_2 в момент t_2 (рис. 8).

Пиковое значение $U_{пик}$ (амплитудное значение U_m для синусоидальных переменных напряжений) — наибольшее или наименьшее значение напряжения за время измерения.

Среднее значение переменного напряжения за время измерения

$$U_{ср} = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\, dt.$$

По смыслу среднее значение — это постоянная составляющая переменного напряжения $u(t)$ за время измерения T. Графически — это среднее значение за время T, равное разности площадей ограниченной кривой под и над осью времени (рис. 8, 9).

Однако среднее значение переменного напряжения, симметричного относительно оси времени за время измерения T, равно нулю. В этом случае используют средневыпрямленное значение переменного напряжения, определяемое выражением

$$U_{ср.в} = \frac{1}{T}\int_0^T |u(t)|\, dt.$$

Геометрически это сумма площадей, ограниченная кривой над и под осью времени t. При таком определении считают, что выпрямление двухполупериодное.

Среднеквадратическое значение переменного напряжения за время измерения T находят из выражения

$$U=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T [u_2(t)]^2 dt}.$$

Для синусоидального переменного напряжения среднеквадратическое значение называют действующим (эффективным) значением. Действующее значение U переменного напряжения численно равно такому постоянному напряжению, при действии которого выделяется то же количество тепловой энергии, что и при действии сравниваемого переменного напряжения за одно и то же время.

Связь между параметрами напряжения устанавливают через коэффициенты амплитуды K_α и формы K_ϕ

$$K_\alpha=U_m/U,\ K_\phi=U/U_{св.в}.$$

Рассмотрим наиболее часто применяемые на практике схемы выпрямителей. На рис. 10 представлены схема прибора с однополупериодной схемой выпрямителя и график протекающего через микроамперметр PA1 выпрямленного тока $i_и$. Полупроводниковый диод VD1 пропускает через микроамперметр лишь положительную полуволну измеряемого переменного тока. При частоте более 20 Гц прибор будет показывать среднее значение измеряемого тока I_0.

Достоинством однополупериодного выпрямления является то, что большая часть входного напряжения падает на диоде VD1. Уже при сравнительно малом входном напряжении он работает в режиме линейного детектирования и шкала прибора получается в большей своей части линейной. Но чувствительность такого амперметра низкая. При измерении синусоидального тока с действующим значением I средневыпрямленное значение тока, отклоняющее стрелку микроамперметра, $I_0\approx 0{,}45I$; поэтому при токе полного отклонения микроамперметра $I_и$ предельное действующее значение $I_{изм}$ измеряемого однополупериодной схемой выпрямления переменного тока

$$I_{изм}\approx I_и/0{,}45=2{,}22I_и.$$

Наиболее широкое распространение в комбинированных приборах получил двухполупериодный выпрямитель (рис. 11). Здесь микроамперметр PA1 включен в диагональ электрического моста, образованного диодами VD1 и VD2 и резисторами R1 и R2. Одну половину периода ток проходит через диод VD1, далее по параллельным ветвям: микроамперметр PA1, резисторы R2 и R1, а другую — через диод VD2 и по параллельным ветвям: микроамперметр PA1, резисторы R1 и R2. Через микроамперметр ток течет в оба полупериода в одном направлении. При работе в режиме линейного детектирования постоянная составляющая I_0 выпрямленного тока равна $I_0\approx 0{,}9I$, а предельное действующее значение измеряемого синусоидального тока

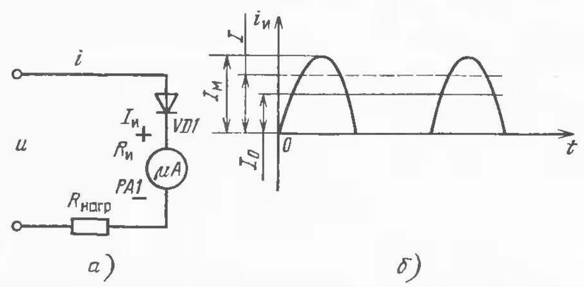


Рис. 10. Схема однополупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр (б)

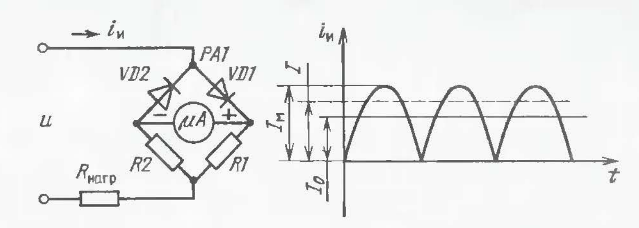


Рис. 11. Схема двухполупериодного выпрямителя (а) и график протекающего через микроамперметр тока (б)

$$I_{изм}\approx I_и/0{,}9=1{,}11I_и.$$

Резисторы R1 и R2 выбирают исходя из условия

$$R1=R2=R_{пр}/\sqrt{2},$$

где $R_{пр}$ — прямое сопротивление диода.

Шкалы комбинированных приборов при измерении переменного тока или напряжения градуируют в действующих значениях синусоидального сигнала с коэффициентом формы

$$K_\phi=I/I_0\approx I/I_и=1{,}11.$$

Для измерения сопротивления постоянному току в комбинированных приборах применяют последовательные и параллельные магнитоэлектрические омметры.

Схема последовательного омметра изображена на рис. 12. Этот прибор используют для измерений сопротивлений более 10 Ом. Прибор состоит из последовательно включенных микроамперметра PA1 с внутренним сопротивлением $R_и$, добавочного резистора, состоящего из постоянной части R2 и переменной R1, источника постоянного тока G1 напряжением U_{G1} и измеряемого резистора R_x. Сопротивление резисторов R1, R2 выбирают по формуле $R1+R2=U_{G1max}/I_и$, чтобы обеспечить при замыкании входных зажимов ($R_x=0$) и максимальном значении напряжения U_{G1max} источника протекания через микроамперметр PA1 тока полного отклонения.

В общем случае ток, протекающий через микроамперметр, будет равен

$$I=\frac{U}{R_x+R1+R2+R_и}$$

Рис. 12. Схема последовательного омметра

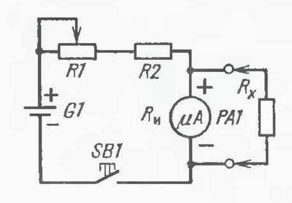


Рис. 13. Схема параллельного омметра

при $R_x=0$ $I=\frac{U}{R1+R2+R_и}$; при $R_x=\infty$ $I=0$.

Значение тока, а следовательно, и угол отклонения стрелки прибора зависят от R_x. Чем больше R_x, тем меньше отклонение стрелки. Таким образом, омметр, выполненный по последовательной схеме, имеет обратную шкалу, т. е. нулевому сопротивлению измеряемого резистора соответствует крайняя правая отметка шкалы. В качестве источника тока в омметре обычно используют сухие гальванические элементы, реже аккумуляторы. Уменьшение ЭДС источника питания приводит к изменению показаний прибора, поэтому и предусмотрен регулировочный резистор R1. Перед измерением омметр калибруют: замыкают входные зажимы и резистором R1 устанавливают стрелку на нулевую отметку. Поскольку зависимость тока, протекающего через микроамперметр, от измеряемого сопротивления нелинейна, то шкала прибора, отградуированная в омах, также нелинейна.

Для измерения малого сопротивления (десятки ом и менее) используют параллельный омметр (рис. 13). Он содержит те же элементы, что и последовательный, а отличие состоит в том, что измеряемое сопротивление R_x подключают параллельно микроамперметру PA1. Омметр калибруют при разомкнутых входных зажимах, при этом весь ток протекает через микроамперметр и угол отклонения его стрелки оказывается максимальным. При подключении сопротивления R_x часть тока ответвляется в параллельную цепь: ток, протекающий через микроамперметр, уменьшается, уменьшается и угол отклонения стрелки. Таким образом, шкала параллельного омметра прямая. Ток через микроамперметр выражен соотношением

$$I=\frac{U}{[(R1+R2)R_и]/R_x+R1+R2+R_и},$$

из которого видно, что шкала нелинейна.

Для измерения емкости в комбинированные приборы встраивают последовательный или параллельный измеритель (микрофарадометр).

Схема параллельного измерителя емкости показана на рис. 14. Устройство содержит: источник переменного напряжения (на схеме не показан), он подключен к выводам 1, 2 частотой $f=50$ Гц, конденсатор C1, миллиамперметр переменного тока, состоящий из микроамперметра PA1, диодов VD1 и VD2, резисторов R1 — R4 и конденсатора C2. Измеряемую емкость C_x подключают параллельно миллиамперметру переменного тока к измерительным зажимам.

Микрофарадометр настраивают при отключенной емкости C_x, при этом миллиамперметр переменного тока измеряет ток I_{C1}, протекающий через конденсатор C1. Резистором R4 устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на конечную отметку шкалы, что соответствует нулевой отметке микрофарадометра.

При подключении к измерительным зажимам емкости C_x миллиамперметр переменного тока шунтируется этой емкостью и часть тока I_{C1} будет протекать через емкость C_x. Чем больше значение измеряемой емкости, тем меньше ее сопротивление переменному току: $X_C=1/\omega C_x=1/2\pi f C_x$, а следовательно, тем большая часть тока I_{C1} протекает через емкость C_x и меньшая через миллиамперметр переменного тока. Шкала этого микрофарадометра обратная и нелинейная. Его применяют для измерения сравнительно большой емкости — до единиц микрофарад.

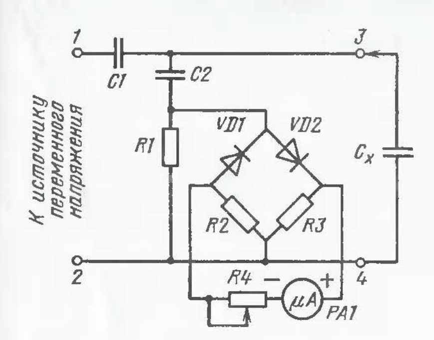


Рис. 14. Схема параллельного измерителя емкости

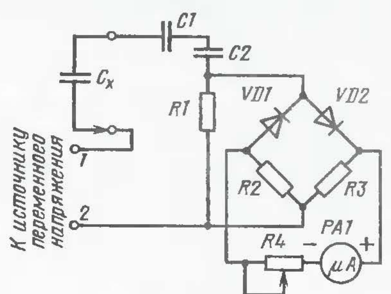


Рис. 15. Схема последовательного измерителя емкости

Для измерения малой емкости — до десятков тысяч пикофарад — используют последовательный измеритель (рис. 15), содержащий те же элементы, но измеряемую емкость здесь подключают последовательно между источником переменного напряжения и конденсатором C1, т. е. измеряемая емкость играет роль добавочного реактивного сопротивления.

Настраивают этот микрофарадометр резистором R4 при замкнутых измерительных зажимах. Вращая ручку этого резистора, стрелку микроамперметра PA1 устанавливают на конечное деление шкалы, что соответствует отметке «∞» микрофарадометра. Включение измеряемой емкости C_x уменьшает показания миллиамперметра переменного тока, причем чем меньше значение этой емкости, тем больше ее сопротивление переменному току и тем меньше показания миллиамперметра переменного тока. Шкала такого микрофарадометра прямая и нелинейная.

В комбинированных приборах Ц4311, Ц4315, Ц4324, Ц4325, Ц4326, Ц4340 и других предусмотрена защита измерительного механизма от электрических перегрузок (превышение значения тока полного отклонения). Ее выполняют два кремниевых диода, включенных параллельно микроамперметру и друг другу, причем диоды включены во встречном направлении. При номинальном падении напряжения на сопротивлении микроамперметра (менее 0,1 В) сопротивление диодов, в том числе и включенного в прямом направлении, равно нескольким мегаом, поэтому они не влияют на показания прибора. Когда же в результате аварийного повышения измеряемого напряжения падение напряжения на микроамперметре превысит 0,6 В, то откроется один из диодов и зашунтирует обмотку рамки, предохраняя микроамперметр от выхода из строя.

Комбинированные приборы имеют, как правило, пластмассовый корпус, состоящий из двух частей: основания и крышки, на которой размещены микроамперметр, органы управления (рис. 3) и гнезда для подключения прибора к измеряемому объекту. На лицевой панели обычно указаны пределы измерения и виды измеряемых величин. На основании с тыльной стороны (снизу) помещают табличку-инструкцию. Здесь указывают особенности работы с прибором, основные технические характеристики и другую информацию.

Приборы имеют два переключателя: пределов измерения — галетный на 24 положения или кнопочный (клавишный) и рода работы — кнопочный на 3 положения.

Измерительный механизм комбинированных приборов заключен в отдельный корпус.

3. ИЗМЕРЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМИ ПРИБОРАМИ

Меры безопасности.

1. При измерении прибором в цепях с напряжением выше 30 В необходимо выполнять все требования общих правил мер безопасности. Измерения производят с помощью щупов, входящих в комплект прибора. Измерения со щупом необходимо производить одной рукой, вторая рука должна оставаться свободной во избежание прохождения электрического тока через организм человека.

2. Измерения в цепях с напряжением выше 200...300 В должны производиться в присутствии других лиц.

3. Измерение сопротивлений можно проводить лишь в обесточенных электрических цепях.

4. При измерении емкости источником питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В, поэтому следует вначале собрать схему измерения, а затем подключаться к источнику питания.

5. При измерении тока или напряжения не рекомендуется изменять предел измерения при подключенном к объекту приборе во избежание подгорания контактов переключателя пределов измерения.

6. Необходимо пользоваться только исправными проводниками, входящими в комплект прибора.

Порядок измерения. Для получения достоверных и точных результатов измерений и предупреждения повреждения прибора при работе необходимо придерживаться следующих правил:

1. Установить прибор в горизонтальное положение.

2. Стрелку прибора с помощью механического корректора установить на начальную отметку шкалы.

3. У приборов, имеющих защитный автомат, проверить его работоспособность по техническому описанию.

4. Переключатель рода работ установить в положение, соответствующее виду измерения и роду тока, т. е. в одно из положений «—», «~», «r_x», «C_x».

5. Переключатель пределов измерений установить в положение, соответствующее ожидаемому значению измеряемой величины; если оно неизвестно, то переключатель установить в положение максимального предела измерения.

6. Подключить соединительные проводники к соответствующим зажимам прибора. Зажим, помеченный знаком «$*$», является общим зажимом прибора.

7. При использовании омметра или фарадометра прибор необходимо настраивать каждый раз на выбранном пределе измерения. Параллельный омметр: при разомкнутых проводниках ручкой «Уст. 0» установить стрелку прибора на отметку «∞» соответствующей шкалы, затем замкнуть свободные концы проводников и проконтролировать установку стрелки на отметку «0» этой же шкалы, что говорит об исправности омметра и целостности проводников. Последовательный омметр: замкнуть щупы проводников и ручкой «Уст. 0» установить стрелку прибора на отметку «0» соответствующей шкалы.

При измерении больших значений сопротивления (с использованием внешнего источника) или емкости собрать установку по изображенной схеме, в таблице — инструкции на тыльной стороне прибора.

8. Подключить прибор к измеряемой цепи (объекту) с помощью соединительных проводников. При измерении постоянного тока и напряжения общий зажим («$*$») подключают к отрицательному полюсу объекта. При измерении переменного напряжения и токов общий зажим подключают к точке с наименьшим потенциалом или к корпусу объекта.

9. Подобрать предел измерения (для тока и напряжения, начиная с большего) таким образом, чтобы стрелка прибора по возможности находилась в последней трети шкалы. При измерении сопротивления и емкости оптимальное положение стрелки — посредине шкалы.

10. Снять отсчет по соответствующей шкале и отключить проводники от измеряемой цепи (объекта).

11. Вычислить значение измеряемой величины X и погрешности измерения ΔX по формулам:

для постоянного и переменного тока и напряжения (рис. 16)

$$X = \frac{X_N}{N} a, \quad \Delta X = \frac{\gamma X_N}{100},$$

где X_N — значение выбранного предела измерений (положение переключателя предела измерений), N — число всех делений шкалы прибора по последней цифре, a — показания прибора в делениях (число делений), γ — класс точности на шкале прибора, определяемый по обозначениям на шкале в зависимости от рода тока или вида измеряемой величины;

для сопротивления и емкости (рис. 17)

$$X = X_0 M, \quad \Delta X = \frac{\overset{\gamma_{кт}}{\vee} L}{l \cdot 100} C,$$

где X_0 — отсчет по шкале прибора, M — множитель (положение переключателя предела измерений), $\overset{\gamma}{\vee}$ — класс точности, L — длина рабочей части шкалы, мм, l — длина шкалы между двумя соседними делениями, где остановилась стрелка прибора, мм, C — цена вышеупомянутого участка шкалы в единицах измеряемой величины с учетом множителя. Значение L берут из паспорта на прибор, значение l измеряют с помощью линейки.

Результат измерения записывают по формуле $A = X \pm \Delta X$. Числовое значение измеряемой величины X должно оканчиваться цифрой (после запятой) того же разряда, что и значение погрешности ΔX.

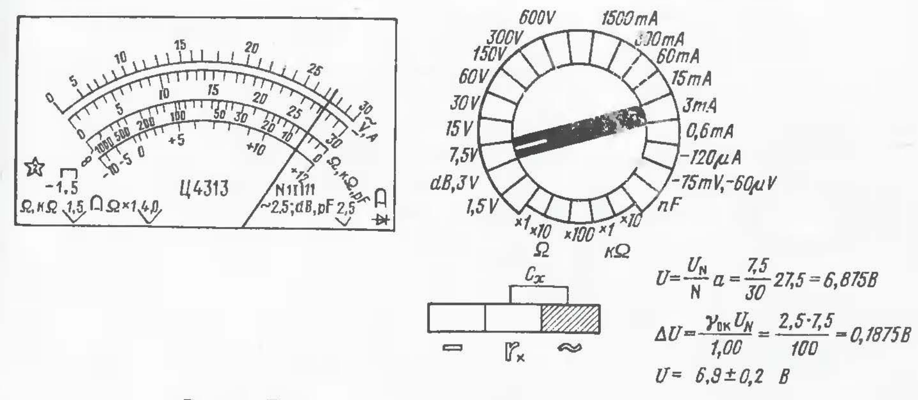


Рис. 16. Пример измерения переменного напряжения

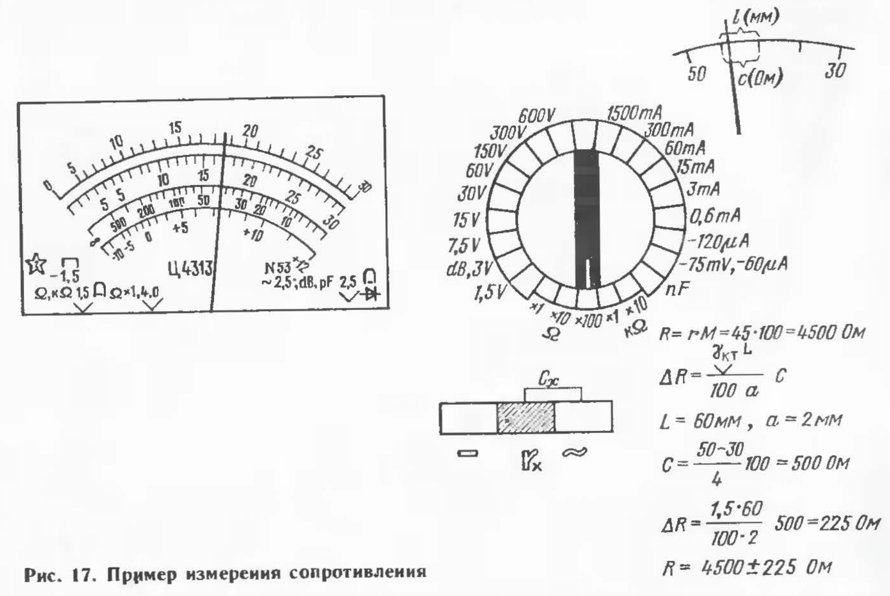


Рис. 17. Пример измерения сопротивления

12. Привести прибор в исходное состояние, для чего отключить соединительные провода от зажимов прибора, переключатель пределов измерения установить в положение максимального предела по напряжению, переключатель рода тока установить в положение «~». Это предохранит прибор от повреждения при последующих включениях, даже если они будут выполнены неправильно.

Особенности измерения постоянного напряжения. При измерении напряжения комбинированный прибор включают параллельно исследуемому участку электрической цепи. Это приводит к изменению общего сопротивления цепи и перераспределению напряжения между ее элементами, что, естественно, вносит погрешность в показания прибора. Здесь следует рассмотреть два основных случая. Первый — когда элементы электрической цепи линейные, т. е. значение их сопротивления не зависит от приложенного напряжения. Тогда достаточно иметь $R_{вх}/R_ц \geqslant 50...100$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление вольтметра, $R_ц$ — эквивалентное сопротивление цепи относительно точек подключения вольтметра, чтобы не учитывать влияние входного сопротивления вольтметра (комбинированного прибора) на результат измерения.

Следовательно, кроме сопротивления входной цепи комбинированного прибора $R_{вх}$ необходимо знать сопротивление цепи $R_ц$, что не всегда возможно. В этом случае применяют метод двух отсчетов [3], суть которого состоит в том, что напряжение на исследуемом участке цепи измеряют два раза на различных пределах измерений U_{N1}, U_{N2} с соответствующими входными сопротивлениями $R_{вх1}$, $R_{вх2}$ и получают два измеренных значения U_1, U_2, тогда действительное измеряемое значение U находят по формуле

$$U = U_2 \frac{R_{вх\,2} - R_{вх\,1}}{R_{вх\,2} - R_{вх\,1} U_2/U_1}$$

при условии $R_{вх\,2} > R_{вх\,1}$.

Если $R_{вх\,2}/R_{вх\,1} = N$, то $U = U_2 \dfrac{N-1}{N - U_2/U_1}$.

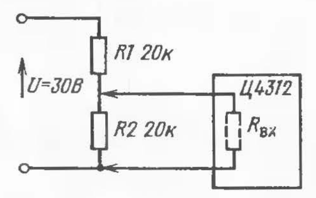


Рис. 18. Измерение напряжения

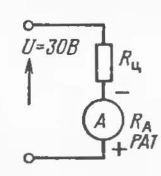


Рис. 19. Измерение тока

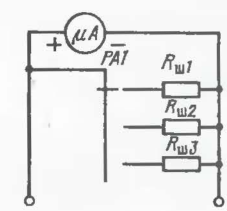


Рис. 20. Многопредельный амперметр с переключаемыми шунтами

Например, измерение провели комбинированным прибором Ц4312 на резисторе R2 (рис. 18) на пределах 15 и 30 В с входным сопротивлением 10 и 20 кОм соответственно и получили значения 7,5 и 10 В. Тогда действительное падение напряжения U_{R2} на резисторе R2

$$U_{R2} = U_2 \frac{N-1}{N - U_2/U_1} = 10 \frac{2-1}{2 - 10/1{,}5} = 15 \text{ В},$$

что нетрудно проверить:

$$U_{R2} = \frac{U}{R1 + R2} R2 = \frac{30}{20+20} 20 = 15 \text{ В}.$$

Если входное сопротивление прибора неизвестно, его можно определить следующим образом. Напряжение на выходных зажимах стабилизированного источника постоянного тока измеряют непосредственно (U_1) и, не изменяя предела измерения, через резистор R с известным сопротивлением (U_2). После чего по полученным показаниям U_1, U_2 и значению R вычисляют входное сопротивление прибора (вольтметра)

$$R_{вх} = R \frac{U_2}{U_1 - U_2}.$$

Второй случай измерения напряжения относится к цепям, содержащим нелинейные элементы (полупроводниковые, электровакуумные и др.). Сопротивление нелинейного элемента зависит от приложенного к нему напряжения. Включение прибора (вольтметра) с относительно малым входным сопротивлением может привести к нарушению режима работы всей цепи (срыв генерации, релейный эффект), и само измерение потеряет смысл.

Поэтому необходимо выбирать прибор для измерения напряжения с возможно бо́льшим входным сопротивлением или проводить измерение не на оптимальном пределе измерения, а на более высоком. Так, в рассмотренном ранее примере (рис. 18) для предела измерения $U_{N1} = 15$ В показания прибора были $U_1 = 7{,}5$ В ($R_{вх\,1} = 10$ кОм), снижение показаний ΔU_1 за счет входного сопротивления составило 7,5 В, погрешность измерения $\Delta U_1' = \gamma U_{N1}/100 = 0{,}15$ В

для $U_{N2} = 30$ В; $U_2 = 10$ В; $\Delta U_2 = 5$ В; $\Delta U_2' = 0{,}3$ В;
для $U_{N3} = 60$ В; $U_3 = 11$ В; $\Delta U_3 = 4$ В; $\Delta U_3' = 0{,}6$ В;
для $U_{N4} = 150$ В; $U_4 = 15$ В; $\Delta U_4 = 0$; $\Delta U_4' = 1{,}5$ В.

Вольтметр (комбинированный прибор) часто применяют для косвенного измерения тока. В этом случае измеряют падение напряжения U на резисторе R, сопротивление которого известно. Значение тока I через резистор R определяется по закону Ома: $I = U/R$. Для получения более точного результата необходимо выполнить условие $R_{вх} \gg R$.

Особенности измерения постоянного тока. При измерении тока комбинированный прибор включают последовательно в исследуемую цепь, что приводит к возрастанию общего сопротивления цепи и уменьшению протекающего в ней тока (рис. 19).

По двум измерениям I_1, I_2 на соседних пределах I_{N1}, I_{N2} соответственно с внутренними сопротивлениями R_{A1}, R_{A2} действительное значение измеряемого тока I определяют из выражения

$$I = I_2 \frac{R_{A1} - R_{A2}}{R_{A1} - R_{A2} I_2 / I_1}$$

при условии $R_{A1} > R_{A2}$.

Значения внутреннего сопротивления R_{A1}, R_{A2} на соответствующих пределах измерений вычисляют исходя из приведенных значений падений напряжений U_{n1}, U_{n2} в паспорте на конкретный прибор по формуле $R_A = U_n / I_N$.

В комбинированных приборах с переключаемыми шунтами (рис. 20) на всех пределах измерений максимальное падение напряжения на приборе одинаково и равно напряжению полного отклонения микроамперметра.

Переключать пределы измерения в приборе с переключаемым шунтом можно только после отключения прибора во избежание его перегрузки в тот момент, когда отключены все шунты.

В комбинированных приборах с универсальным шунтом (рис. 5) падение напряжения на приборе равно напряжению полного отклонения лишь на пределе I_1. На других пределах оно возрастает до значения, равного сумме падений напряжения на микроамперметре и на шунтах, используемых в измерительной цепи.

Комбинированные приборы, имеющие предел измерения 75 мВ, можно использовать для измерения постоянного тока, большего по значению, чем предельное значение прибора, если имеется соответствующий наружный комбинированный шунт. При этом комбинированный прибор используют как милливольтметр на 75 мВ и подключают к потенциальным зажимам наружного шунта (рис. 21), тогда предел измерения прибора будет равен номинальному току шунта.

Особенности измерения переменного тока и напряжения. Применение выпрямителей на полупроводниковых диодах в комбинированных приборах ведет к понижению чувствительности прибора, уменьшению входного сопротивления вольтметра и увеличению падения напряжения на амперметре. Частотный диапазон комбинированного прибора определен частотными свойствами полупроводниковых диодов и емкостью монтажа и лежит в пределах 45 Гц...20 кГц.

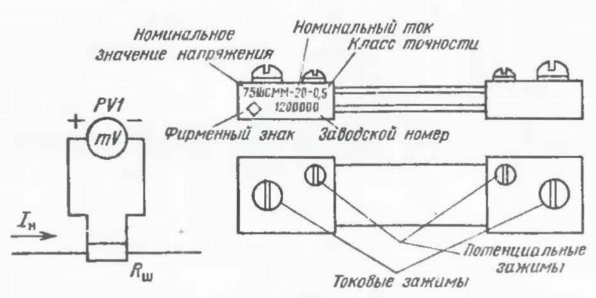


Рис. 21. Наружный шунт измерителя постоянного тока

Различают номинальную и расширенную частотные области. Изменение показаний прибора, вызванное изменением частоты от границы в номинальной области до любого значения в смежной части расширенной области при измерении переменного тока и напряжения, не превышает допускаемого значения основной погрешности. Приведенные приемы по учету влияния входного сопротивления на результаты измерений постоянного тока и напряжения справедливы и для переменного тока и напряжения, но при условии, что сопротивление $R_н$ является активным (без емкости и индуктивности).

В проводной связи и радиотехнике для оценки эффективности передачи сигналов по линиям связи через усилительные и согласующие устройства пользуются понятием уровня передачи (усиления, ослабления) сигнала. Этот параметр определяет значение напряжения сигнала в относительных логарифмических единицах — децибелах, посредством которых напряжение U_x или мощность P_x измеряемого сигнала сравнивается с некоторым исходным значением. Если в качестве исходных величин выбраны напряжение $U_0 = 0{,}775$ В или мощность $P_0 = 1$ мВт (на сопротивление нагрузки $R_0 = 600$ Ом при напряжении на нем $U_0 = 0{,}775$ В), то соответствующие уровни называют абсолютными. Абсолютный уровень переменного напряжения, выраженный в децибелах, определяют по формуле

$$N_U^0 = 20 \lg \frac{U_x}{U_0} = 20 \lg \frac{U_x}{0{,}775},$$

где U_x — измеряемое значение напряжения, В.

Шкала децибел неравномерная, нулевая отметка шкалы совпадает с точкой шкалы комбинированного прибора $U_0 = 0{,}775$ В предела измерения. При измерении на пределе «dB» отсчет производится непосредственно по шкале «dB». При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения показания прибора по шкале «dB» необходимо увеличить на соответствующие значения, указанные в пересчетных таблицах, которые приводятся в описаниях на комбинированные приборы.

Если уровень передачи по напряжению N_U^0 измеряют на нагрузке с известным сопротивлением R, то можно рассчитать абсолютный уровень передачи по мощности:

$$N_P^0 = N_U^0 - 10 \lg (R/600)$$

при условии $R_{вх} \gg R$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление прибора. В частном случае при $R = 600$ Ом $N_P^0 = N_U^0$.

Для определения относительного уровня передачи устройства (усилителя, делителя и др.) измеряют абсолютное значение уровня на его входе $N_{вх}^0$ и выходе $N_{вых}^0$, тогда

$$N_U = N_{U\,вых}^0 - N_{U\,вх}^0; \quad N_P = N_{P\,вых}^0 - N_{P\,вх}^0.$$

Особенности измерения сопротивления. При измерении сопротивления резисторов или определении качества электрорадиоэлементов непосредственно в местах их установки (на плате устройства) необходимо предварительно убедиться, что источники питания отключены, высоковольтные конденсаторы разряжены, а параллельно проверяемому элементу не присоединены другие элементы, могущие оказывать влияние на результат измерения.

Встроенный омметр комбинированных приборов является источником тока, что необходимо учитывать при работе с микромощными элементами. Значения

тока, потребляемого от источника на различных пределах измерения, указаны в соответствующих таблицах.

Время установки омметра «на нуль» и измерение сопротивления должно быть по возможности коротким, что продлит срок службы встроенного источника питания.

Особенности измерения емкости. При измерении емкости комбинированным прибором необходимо соблюдать меры предосторожности, так как источником его питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В.

Напряжение, приложенное к конденсатору при любом его испытании, не должно превышать его допустимого рабочего напряжения. Если конденсатор заряжается до значительного напряжения, то необходимо его разрядить через резистор сопротивлением несколько килоом.

Емкость оксидных (электролитических) конденсаторов измерять запрещается.

4. РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

В процессе эксплуатации комбинированного прибора могут возникнуть различные неисправности, обусловленные как износом и старением его элементов, так и неправильными действиями оператора.

Возможны следующие неисправности:

потеря проводимости добавочных резисторов;

потеря проводимости переменного резистора «Уст. 0»;

нарушение контактов в местах соединений элементов;

обгорание или деформация контактов переключателей;

обрывы в цепи универсального шунта;

потеря проводимости подгоночных резисторов;

обрыв или замыкание диодов выпрямителя;

обрыв растяжек или обмотки рамки измерительного механизма.

Не спешите вскрывать прибор. Сначала необходимо попытаться установить возможную причину неисправности, для чего следует произвести измерения величин на всех пределах измерения, зная измеряемые значения или контролируя каждое из них другим прибором. Затем, воспользовавшись данными табл. 3 типовых неисправностей комбинированных приборов и их причин, принципиальной электрической схемой и картой электрических цепей для конкретного прибора, определить предполагаемые неисправные элементы или участок цепи исходя из конкретной ситуации.

Таблица 3. **Типовые неисправности комбинированных приборов и их причины**

Измеряемая величина	Род тока	Внешнее проявление неисправности	Возможные причины
Напряжение	Постоянное, переменное	Показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему отсутствуют	Потеря проводимости или нарушение мест соединений одного из добавочных резисторов вольтметра, контактов переключателей
Напряжение	То же	Показания приборов на всех пределах завышены	Обрыв в цепи универсального шунта, элементов, отмеченных на карте электрических цепей знаком «0»
Напряжение	Переменное	Показания прибора занижены примерно наполовину	Вышел из строя один из диодов или один из резисторов выпрямителя
Напряжение	»	Отсутствуют показания на всех пределах	Вышли из строя: оба диода или оба резистора выпрямителя или регулировочный резистор по переменному току; нарушено соединение перечисленных элементов
Ток	Постоянный, переменный	Отсутствуют показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему	Обрыв в цепи универсального шунта, элементы отмечены на карте электрических цепей знаком «×»
Ток	То же	Завышены показания на установленном пределе измерения и на более низком по отношению к нему	Обрыв в цепи резисторов универсального шунта, отмеченных на карте электрических цепей знаком «+»
Ток	Переменный	Отсутствуют показания на всех пределах, на постоянном токе работает нормально	Вышли из строя: оба диода, оба резистора выпрямителя, регулировочный резистор по переменному току, обрыв в местах соединения перечисленных элементов
Сопротивление		При установке прибора «на нуль»:	
		стрелка не доходит до конца шкалы,	Мало напряжение источника питания
		стрелка зашкаливает вправо,	Потеря проводимости элементов обозначенных на карте электрических цепей знаками «+» или «0»
		стрелка зашкаливает влево;	Не соответствует полярность источника питания
		стрелка не отклоняется	Отсутствует источник питания, потеря проводимости переменного резистора установки нуля или резистора в цепи источника питания
Сопротивление		Отсутствуют показания на одном из пределов измерения, на остальных прибор работает нормально	Потеря проводимости соответствующего добавочного резистора
Ток, напряжение, сопротивление	Постоянный, переменный	Прибор не работает на всех пределах	Обрыв в цепи подгоночного резистора, или обрыв обмотки рамки измерительного механизма, или обрыв растяжки

Примечание. В любой из перечисленных ситуаций возможен выход контактов переключателей соответствующей цепи.

На карте электрических цепей знаком «×» обозначены элементы, непосредственно входящие в цепь измерения, знаком «+» обозначены элементы, шунтирующие измерительную цепь меньшим суммарным сопротивлением, знаком «○» элементы, шунтирующие измерительную цепь бо́льшим суммарным сопротивлением, чем суммарное значение измерительной цепи.

С помощью карты электрических цепей (см. Справочные сведения) можно определить, какие элементы и в какой степени использованы на том или ином пределе измерения, а следовательно, и предполагаемые неисправные элементы прибора как непосредственно при «прозвонке» элементов, так и при анализе ситуации.

Например, при измерении прибором Ц4315 постоянного напряжения показания оказались завышенными на всех пределах, следовательно, можно предположить, что есть обрыв в шунтирующей цепи, элементах, обозначенных знаком «0» — резисторах R1—R10, R28, R30 или нормальнозамкнутой паре контактов 10—11 переключателя SB1.3. Пусть при измерении этим же прибором постоянного тока на пределах 0,5, 1, 5 и 25 мА показания завышены; это говорит о исправности (или, по крайней мере, об отсутствии обрыва) резисторов R5 — R10, R28, R30 и пары контактов 10—11 переключателя SB1.3.

Если на пределах 0,1, 0,5, 2,5 А показания отсутствуют, это значит, что измерительная цепь (элементы, обозначенные знаком «×») нарушается при переключении резистора R4 из шунтирующей цепи в измерительную. В этом случае можно утверждать однозначно, что на участке цепи резистора R4 есть обрыв, а исправность резисторов R1—R3 требуется проверить, подготовив прибор для измерения постоянного тока на пределе 0,1 А, и измерить сопротивление входной цепи омметром. При исправных резисторах показания омметра должны быть равны 2 Ом.

Для установления неисправности нужно прибор вскрыть. Вывернуть винты, снять тыльную табличку, а затем, вывернув винты, крепящие крышку, отделить ее от корпуса. Изъять встроенный источник питания.

Отпаять от одного из входных лепестков измерительного механизма соответствующие элементы или проводники. При наличии защитных диодов их также следует отпаять с одной стороны. Эти меры позволят избежать повреждений измерительного механизма при «прозвонке» цепей прибора омметром, ток в измерительной цепи которого, как правило, значительно превышает ток полного отклонения измерительного механизма. Кроме того, исключается взаимное шунтирующее влияние элементов.

Пользуясь схемой расположения элементов, найти соответствующие элементы на монтажной плате прибора и произвести их ориентировочные измерения омметром. Особое внимание обратить на элементы со следами перегревания (потемневшие, растрескавшиеся).

При проверке сопротивления резисторов омметр должен показывать значения, указанные в перечне к принципиальной электрической схеме прибора с учетом погрешности омметра. В случае отклонения резистор выпаять и более тщательно исследовать. Переменный резистор проверяют, подключая омметр к среднему и одному из крайних выводом и вращая ручку «Уст. 0», при этом изменение показаний омметра должно быть плавным, без срывов и скачков.

Отсутствие соединений между элементами проверяют визуально — на наличие надежной пайки и омметром. Обрыв в цепи универсального шунта иногда

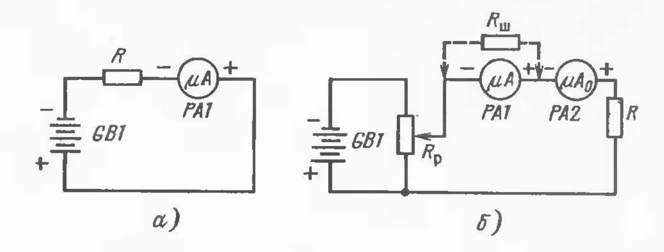


Рис. 22. Схемы устройства для проверки измерительного механизма:
а — проверка исправности, б — определение тока полного отклонения

обнаруживают визуально по обгорелой поверхности элементов с последующей проверкой проводимости.

Переключатели должны работать четко, без больших усилий и с надежной фиксацией в каждом положении, переходное сопротивление замкнутых контактов должно быть равно нулю.

Об исправности диодов выпрямителя (кнопка «∼» переключателя не нажата) судят по выполнению условия $R_{обр}/R_{пр} > 10$, где $R_{обр}$ и $R_{пр}$ — показания омметра при измерении обратного и прямого сопротивлений диода ($R_{пр}=10...$ ...100 Ом).

Обрыв растяжек легко обнаруживают при осмотре измерительного механизма. Обрыв цепи рамки определяют с помощью устройства, схемы которого изображены на рис. 22. Сопротивление резистора R1 находят из выражения $R1 \geqslant U/I_и$, где U — напряжение источника, $I_и$ — ток полного отклонения измерительного механизма.

Возможность свободного перемещения подвижной части измерительного механизма (отсутствие затирания) проверяют путем воздействия на стрелку прибора потока воздуха в направлении ее движения. Дунув на стрелку так, чтобы она отклонилась до конечной отметки шкалы (или упора), наблюдают за возвращением стрелки. При наличии задеваний стрелка будет возвращаться скачками или остановится, не дойдя до нулевой отметки.

При закрытом измерительном механизме отсутствие затирания проверяют путем плавного увеличения показаний прибора до крайней отметки шкалы, а затем уменьшения их до нуля. Затирание может быть вызвано попаданием в магнитный зазор мелких посторонних предметов или стальных опилок либо зацеплением подвижных деталей измерительного механизма за неподвижные.

Неуравновешенность измерительного механизма определяют, наклоняя прибор в разные стороны на угол 5°. Если при этом стрелка прибора отклоняется от нуля более чем на значение основной погрешности по шкале постоянного тока, то это означает, что измерительный механизм уравновешен неудовлетворительно.

Все резисторы, кроме подгоночных, подбирают с точностью, указанной в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора. Перед установкой новые резисторы рекомендуется подвергнуть электрической тренировке, пропуская через них номинальный ток в течение нескольких часов. Если требуемых резисторов найти не удалось, то следует взять резисторы со значениями сопротивления, наиболее близкого к требуемому, но меньше. Затем, удалив слой краски, надфилем осторожно уменьшают толщину токопроводящего

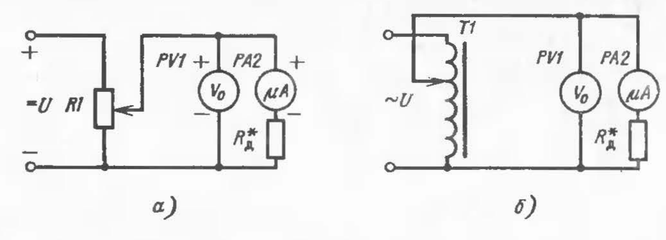


Рис. 23. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) напряжениям

слоя и тем самым увеличивают сопротивление резисторов до требуемого значения. После подгонки токопроводящий слой покрывают лаком и тщательно просушивают. При отсутствии омметра требуемой точности или моста постоянного тока резисторы подгоняют на месте их установки, измеряя заранее известные или контролируемые значения величин (рис. 22, 23).

Неисправный универсальный шунт заменяют на исправный при его наличии, но, как правило, резисторы шунта приходится изготавливать самостоятельно. Для этой цели берут манганиновый провод соответствующего диаметра (или меньшего диаметра, но несколько проводов n) и отрезают отрезок провода, длина $l_ш$ (в метрах) которого определяется значением сопротивления резистора $R_ш$ (в омах) шунта с учетом мест пайки:

$$l_ш = \frac{R_ш}{R_0} + 0{,}008, \quad l_ш = \frac{R_ш}{R_0} n + 0{,}008,$$

где R_0 — значение сопротивления 1 м провода выбранного сечения, Ом. Если значение R_0 неизвестно, то измеряют сопротивление R имеющегося отрезка провода длиной $l_п$, тогда искомая длина

$$l'_ш = \frac{l_п R_ш}{R} + 0{,}008.$$

Резисторы шунта (отрезки манганинового провода) впаивают на соответствующие места и, если больше других неисправностей не обнаружено, подгоняют их значения к требуемым следующим образом. Собирают установку по схеме, изображенной на рис. 24, и, начиная с большего предела измерения, подгоняют показания ремонтируемого прибора PA1 к показаниям образцового прибора PA2 путем уменьшения сечения соответствующего шунта (на карте электрических цепей он обозначен знаком «+») надфилем по всей длине при занижении показаний ремонтируемым прибором или увеличения площади пайки в местах соединения при завышении. Измерения производят на последней трети шкалы.

Далее переходят на следующий предел измерения и повторяют операции для следующего шунта, не трогая предыдущий. После подгонки последнего шунта результаты подгонки проверяют, начиная с большего, при необходимости подгонку повторяют.

Ремонт переключателя пределов измерений заключается в удалении нагара и окисла с контактов промывкой спиртом (ацетоном), при наличии оплавления зачисткой мелкой наждачной бумагой, в устранении деформации подвижного контакта.

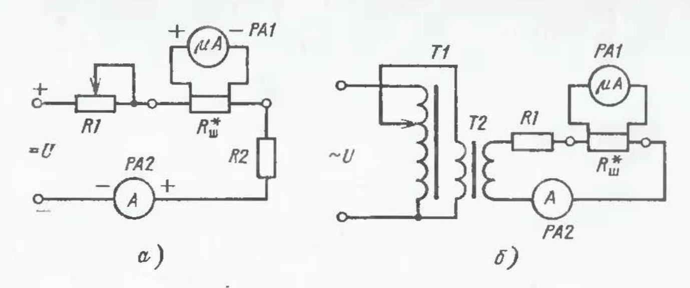


Рис. 24. Схемы устройств для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) токам

В переключателе рода работы отсутствие надежной фиксации штока секции может быть устранено подгибанием пружины фиксатора, удалением препятствий для свободного перемещения рейки-фиксатора и заменой износившихся деталей. Для смены штока (также при чистке или смене подвижных контактов) необходимо снять нижнюю арматуру переключателя, предварительно отогнув выступы, удерживающие от горизонтального перемещения секции, отделить клавишу от штока, вынуть стопорную пластину из паза штока и снять возвратную пружину. Затем, надавив со стороны клавиши на шток, осторожно вытянуть его из секции. После устранения дефекта переключатель собирают в обратном порядке. Шток устанавливают в секцию при смещенной в сторону пружине рейки-фиксатора, подвижные контакты устанавливают попарно по очереди по мере введения штока.

После замены диодов выпрямителя необходимо проверить градуировку шкал на переменном токе. Для этого подключают прибор на одном из пределов переменного тока или напряжения к источнику переменного тока частотой 50 Гц с коэффициентом искажения формы кривой не более 2% и по образцовому прибору устанавливают в цепи проверяемого прибора значение тока или напряжения, равного выбранному пределу измерения (см. рис. 23, б).

Подгоночный резистор, предназначенный для регулировки (подгонки) в цепи переменного тока, подбирают так, чтобы при указанных условиях стрелка измерительного механизма отклонялась до конечной отметки шкалы, после чего проверяют соответствие промежуточных оцифрованных отметок шкалы переменного тока. При несоответствии, большем, чем на основную погрешность от значения предела измерения, шкалы переменного тока, «dB» и емкости необходимо переградуировать.

Подгоночные резисторы большинства комбинированных приборов представляют собой катушки с намотанным на каркас манганиновым проводом. Ремонт подгоночных резисторов заключается в замене обгоревшего манганинового провода на манганиновый провод нужного диаметра или несколько большего, но значение сопротивления которого должно обеспечить требуемый диапазон измерения. Сопротивление резистора подгоняют изменением длины провода.

Самым сложным и ответственным этапом является ремонт измерительного механизма. Неуравновешенность измерительного механизма устраняют путем добавления или уменьшения количества припоя на противовесе. При искривлении стрелки перед уравновешиванием ее нужно выпрямить.

Для замены растяжек прежде всего необходимо иметь соответствующие растяжки и граммомер. Граммомер (он подобен обычным пружинным весам)

можно изготовить самостоятельно, оттарировав его с помощью набора гирь или медных монет. К подвижной части граммомера надежно прикрепляют отрезок одножильного хорошо залуженного провода диаметром 0,4...0,6 мм.

Измерительный механизм извлекают из корпуса и с помощью деревянных миниатюрных клиньев закрепляют рамку неподвижно и симметрично относительно постоянного магнита с четырех сторон, не допуская деформации рамки. Тщательно очищенным от окалины и хорошо залуженным паяльником с диаметром жала 1,5...2,5 мм удаляют остатки оборванных растяжек с рамки и с шайб корпуса механизма и к буксам рамки с обеих сторон припаивают новые растяжки. Продернув свободные концы растяжек в отверстия соответствующих шайб (у мест пайки), подпаивают одну из них к проводнику граммомера и задают необходимое натяжение в направлении, перпендикулярном торцу рамки. Не изменяя натяжения, растяжкой касаются места пайки и сгибают ее. В таком положении растяжку припаивают.

Далее, удалив деревянные клинья, освобождают рамку измерительного механизма и припаивают вторую растяжку способом, описанным выше. Перегрев растяжек не допускается. Проверяют ток полного отклонения измерительного механизма. При отклонении более чем на 10% от номинального значения растяжку перепаивают, при отклонении менее чем на 10% показания подгоняют к номинальному значению путем дополнительного намагничивания или плавного размагничивания магнитной системы. При токе полного отклонения выше номинального параллельно измерительному механизму можно подключить шунтирующий резистор. Выступающие концы растяжек удаляют боковыми кусачками и помещают механизм в корпус.

При обрыве в цепи рамки измерительный механизм ремонту не подлежит и требует замены.

После ремонта или замены деталей, влекущих за собой изменение параметров прибора, о чем было сказано ранее, необходима его подгонка. В зависимости от характера ремонта подгонку можно начинать с того или другого этапа, придерживаясь такой последовательности:

1. Настройка и регулировка измерительного механизма.
2. Подгонка суммарного сопротивления измерительного механизма и подгоночного резистора до номинального значения при температуре $20 \pm 5°$ С.
3. Подгонка сопротивления резисторов шунта на постоянном токе.
4. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения постоянного тока.
5. Проверка градуировки шкал переменного тока после замены диодов выпрямителя.
6. Подгонка прибора на переменном токе.
7. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения переменного тока.
8. Проверка показаний встроенного омметра на всех пределах.
9. Проверка фарадометра.
10. Проверка и настройка вспомогательных устройств в соответствии с техническим описанием прибора.

После устранения неисправности необходимо места паек и подгоночных поверхностей покрыть цапон-лаком, собрать прибор и проверить его по методике, описанной в гл. 1.

В радиолюбительских условиях в качестве образцового обычно выбирают более точный, заведомо исправный прибор, в том числе цифровой.

Показания поверяемого прибора с показаниями образцового (рис. 23, 24) на всех оцифрованных отметках сличают только на одном из пределов измерения постоянного тока и напряжения, переменного тока и напряжения, на остальных пределах проверяют совпадение отклонений стрелки до конечной отметки шкалы.

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основой электромеханических (стрелочных) комбинированных приборов является магнитоэлектрический измерительный механизм (микроамперметр), характеристики которого во многом определяют качество прибора в целом. Поэтому расчет и выбор элементов прибора начинают после выбора микроамперметра и определения его параметров: тока полного отклонения $I_и$ и внутреннего сопротивления $R_и$. Обычно значения параметров указаны на шкале прибора, в противном случае их определяют экспериментально с помощью вспомогательных измерительных приборов, например микроамперметра. Для этого собирают установку по схеме на рис. 22, б и, перемещая движок переменного резистора R1 снизу вверх (по схеме), устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на конечное значение шкалы. Вспомогательный микроамперметр PA2 покажет значение тока полного отклонения $I_и$ исследуемого микроамперметра. Для определения значения внутреннего сопротивления $R_и$ цепь исследуемого микроамперметра шунтируют резистором, сопротивление $R_ш$ которого подбирают таким образом, чтобы показание исследуемого микроамперметра I_1 уменьшилось примерно наполовину. Внутреннее сопротивление рассчитывают по формуле

$$R_и = R_ш \, (I_и \, / \, I_1 - 1).$$

Внутреннее сопротивление микроамперметра можно также определить, измерив напряжение $U_и$ на зажимах исследуемого микроамперметра при токе полного отклонения $I_и$, тогда $R_и = U_и / I_и$. Для этой цели годится милливольтметр с пределом измерения 100 ... 500 мВ или комбинированный прибор с соответствующими пределами измерения.

Если имеется возможность выбора микроамперметра, то следует выбрать прибор более высокого класса точности с возможно меньшими током полного отклонения $I_и$ (не более 200 мкА) и напряжением полного отклонения $U_и$. Чем меньше ток полного отклонения микроамперметра, тем выше входное сопротивление вольтметра и шире диапазон (вверх) встроенного омметра. Меньшее напряжение полного отклонения микроамперметра соответствует меньшему внутреннему сопротивлению цепи амперметра и большей точности измерения сопротивления.

Чем выше класс точности микроамперметра, тем меньшая погрешность может быть достигнута во всех видах измерений будущим комбинированным прибором. При использовании микроамперметра с классом точности 1,0; 1,5 правильных расчетов в выборе элементов можно получить приведенную погрешность измерения тока и напряжения не хуже 2,5% на постоянном и 4% на переменном токе. В процессе проектирования или выбора схемы комбинированного прибора следует учитывать потребности практической деятельности. Обычно предусматривают измерение тока от единиц микроампер до единиц

ампер, напряжения от десятков милливольт до тысячи вольт и сопротивления от единиц ом до десяти мегаом. Нижние пределы измерения тока и напряжения определяются параметрами микроамперметра, верхние могут быть расширены, если необходимо, но это приведет к усложнению схемы.

Наиболее распространен комбинированный прибор, позволяющий измерять пять электрических величин: постоянные ток и напряжение, переменные ток и напряжение низкой частоты, сопротивление постоянному току. Такие приборы имеют как минимум три шкалы — постоянного тока, переменного тока и омметра. Для обеспечения требуемой точности измерений во всем интервале измеряемой величины прибор должен иметь несколько пределов, что достигается применением переключаемых шунтов и добавочных резисторов, рассчитанных должным образом.

Отношение максимальных значений смежных пределов измерения называют переходным множителем шкалы. Наиболее удобен множитель $N=10$, тогда пределы выглядят так: 1, 10, 100, 1000 В, но при этом не обеспечивается необходимая точность измерения во всем интервале измеряемой величины. Поэтому для повышения точности измерений в комбинированных приборах предельные значения выбирают соответствующими ряду чисел 1, 2,5, 5, 10, 25, 100, 250, 500, 1000 или 0,3, 1,5, 3, 7,5, 30, 75, 150, 300, 600, применяя для отсчета общую шкалу соответствующего рода тока.

Для омметра обычно полагают переходной множитель $M=10$.

Выбранные пределы измерения должны быть согласованы с параметрами выбранного микроамперметра. Например, при выбранном микроамперметре с $I_и=100$ мкА и $R_и=860$ Ом нельзя вводить предел измерения 75 мВ, так как $U_и=I_иR_и=86$ мВ, для этого же микроамперметра нереально введение предела измерения 50 МОм, поскольку напряжение источника питания такого омметра будет иметь значение около 1000 В.

Разработка схемы комбинированного прибора состоит из выбора и расчета схем отдельных измерителей и взаимного их согласования на основе выбранных элементов коммутации. Изменять вид измеряемой величины и предел измерения можно с помощью различных переключателей, использования набора гнезд или комбинированным способом. Применение галетных или многоконтактных клавишных (кнопочных) переключателей упрощает эксплуатацию прибора, но усложняет его схему и уменьшает надежность из-за большого числа групп контактов. Коммутация с помощью набора гнезд упрощает схему прибора, но повышает опасность ошибочного включения.

Следует предусмотреть защиту от ошибочного включения, например включить в цепь общего зажима предохранитель на ток, в 1,5—2 раза превышающий максимальный предел измерения тока, или защиту измерительного механизма двумя встречно-параллельно включенными кремниевыми диодами, не оказывающими влияния на параметры измерительного механизма.

Конструкцию прибора определяет принципиальная схема. Органы управления комбинированного прибора размещают равномерно по всей площади лицевой панели, группируя по назначению.

При монтаже элементы и детали закрепляют надежно, чтобы исключить их деформацию и возможность взаимного соприкосновения в различных экстремальных ситуациях (ударах, сотрясениях и пр.). Все соединения выполняют изолированным проводом соответствующего сечения. Источник питания омметра помещают в отдельный отсек для того, чтобы в случае разгерметизации элементов источника электролит не попал на элементы прибора.

Выбранные детали должны быть исправными и иметь устойчивые во времени и мало зависящие от условий эксплуатации характеристики. Регулировка комбинированного прибора заключается в такой подготовке значений сопротивления шунтов и добавочных резисторов, которая обеспечивает получение выбранных пределов измерений. Прежде всего подгоняют элементы, общие для всех видов измерений, а затем элементы отдельных измерителей.

Градуируют шкалы измерителей по методике, описанной в гл. 4.

В общем случае шкала переменного напряжения (тока) не совпадает со шкалой постоянного напряжения (тока). Но при одинаковых предельных значениях обеих шкал их соответствующие деления, несколько смещенные одно относительно другого, расположены близко, что позволяет использовать один ряд чисел для отсчета по обеим шкалам. Рассмотрим ряд схем комбинированных приборов и методику расчета элементов.

Вольтмиллиамперомметр постоянного тока. Пусть имеется в наличии микроамперметр М494 с током полного отклонения $I_и=100$ мкА класса точности 1,5 с внутренним сопротивлением $R_и=650$ Ом. Требуется спроектировать прибор с пределами измерения: 1, 10, 100 мА, 1 А, 1, 10, 100, 1000 В, 1...100, 10...1000 Ом, 0,1...10, 1...100 кОм. Выбираем схему прибора с универсальным шунтом, отдельными на каждый предел измерения добавочными резисторами, последовательную схему для омметра и комбинированную коммутацию пределов измерения (рис. 25).

Сопротивление резисторов универсального шунта R5, R7, R9, R11, R13 рассчитывают, начиная с верхнего предела измерения, по формуле

$$R_п=\frac{I_и}{I_N}(R_и+R14+R_\Sigma),$$

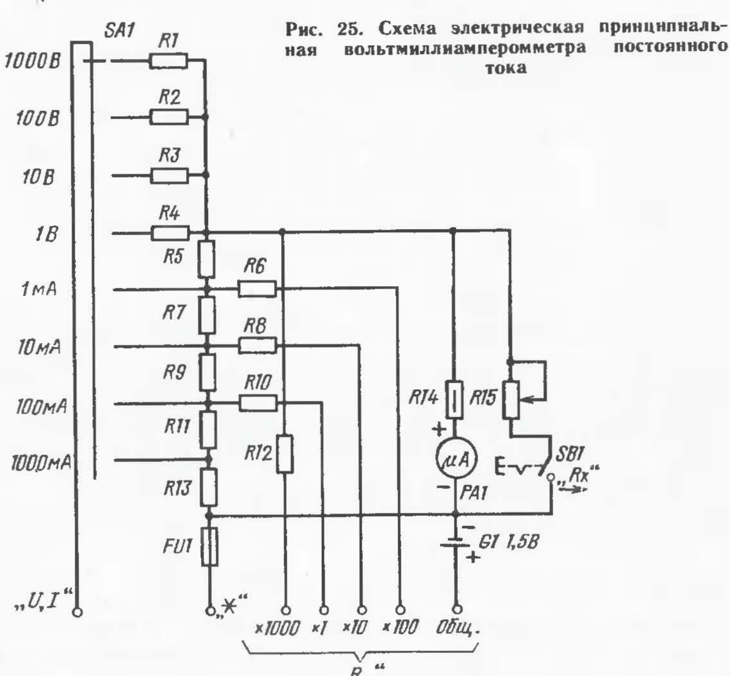


Рис. 25. Схема электрическая принципиальная вольтмиллиамперомметра постоянного тока

где R_n — сумма значений сопротивления резисторов универсального шунта, включенных в шунтирующую цепь; $I_и$, $R_и$ — ток полного отклонения и внутреннее сопротивление микроамперметра, I_N — предел измерения, R14 — сопротивление подгоночного добавочного резистора, включенного в цепь микроамперметра, $R14=(0,1...0,4)R_и$; R_Σ — суммарное сопротивление всех резисторов универсального шунта:

$$R_\Sigma=\frac{R_и+R14}{n-1}=\frac{R_и+R14}{I'_и-I_и}I_и=R3+R7+R9+R11+R13,$$

где $I'_и$ — ток полного отклонения прибора при наличии универсального шунта (определяет входное сопротивление вольтметра)

$$R_\Sigma=\frac{R_и+R14}{I'_и-I_и}I_и=\frac{650+150}{200\cdot10^{6}-100\cdot10^{-6}}100\cdot10^{6}=800\ \text{Ом};$$

$$R13=\frac{I_и}{I_{N1}}(R_и+R14+R_\Sigma)=\frac{100\cdot10^{-6}}{1}(650+150+800)=0,16\ \text{Ом};$$

$$R11=\frac{I_и}{I_{N2}}(R_и+R14+R_\Sigma)-R13=\frac{100\cdot10^{-6}}{0,1}(650+150+800)-0,16=$$
$$=1,44\ \text{Ом};$$

$$R9=\frac{I_и}{I_{N3}}(R_и+R14+R_\Sigma)-R13-R11=\frac{100\cdot10^{-6}}{10\cdot10^{-3}}(650+150+800)-$$
$$-0,16-1,44=14,4\ \text{Ом};$$

$$R7=\frac{I_и}{I_{N4}}(R_и+R14+R_\Sigma)-R13-R11-R9=\frac{100\cdot10^{-6}}{10^{-3}}(650+150+$$
$$+800)-0,16-1,44-14,4=144\ \text{Ом};$$

$$R5=R_\Sigma-(R7+R9+R11+R13)=800-(144+14,4+1,44+0,16)=$$
$$=640\ \text{Ом}.$$

Падение напряжения на миллиамперметре

$$U_ш=I_{N1}R13=1\cdot0,16=0,16\ \text{В},$$

входное сопротивление вольтметра на пределе 1 В

$$R_{вх}=\frac{U_1}{I'_и}=\frac{1}{200\cdot10^{-6}}=5000\ \text{Ом}.$$

Для того чтобы улучшить характеристики миллиамперметра, уменьшив $U_ш$, необходимо увеличить ток полного отклонения $I'_и$, но при этом уменьшается входное сопротивление вольтметра.

Значения сопротивлений добавочных резисторов вольтметра R1—R4 вычисляют по формуле

$$R_m=\frac{U_N}{I'_и}-\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma},$$

где R_m — добавочный резистор, соответствующий пределу измерения:

$$R4=\frac{U_{N4}}{I'_и}-\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}=\frac{1}{200\cdot10^{-6}}-\frac{(650+150)800}{650+150+800}=4600\ \text{Ом};$$

$$R3=\frac{U_{N3}}{I'_и}-\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}=\frac{10}{200\cdot10^{-6}}-\frac{(650+150)800}{650+150+800}=49\,600\ \text{Ом};$$

$$R2=\frac{U_{N4}}{I'_и}-\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}=\frac{100}{200\cdot10^{-6}}-\frac{(650+150)800}{650+150+800}=$$
$$=499\,600\ \text{Ом};$$

$$R1=\frac{U_{N5}}{I'_и}-\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}=\frac{1000}{200\cdot10^{-6}}-\frac{(650+150)800}{650+150+800}=$$
$$=4\,999\,600\ \text{Ом}.$$

Для омметра источником питания может служить элемент 373 с минимальным напряжением U_{min}, равным 1 В. Чтобы рассчитать сопротивление резисторов R6, R8, R10, R12 омметра, нужно определить результирующее сопротивление миллиамперметра на каждом пределе измерения относительно входных зажимов омметра, причем влиянием переменного резистора R15=5...10 кОм можно пренебречь, так как результирующее сопротивление миллиамперметра существенно меньше сопротивления этого резистора. При расчете будем считать, что входные зажимы омметра замкнуты.

$$R_{100\,мА}=\frac{(R_и+R14+R5+R7+R9)(R11+R13)}{R_и+R14+R_\Sigma}=$$
$$=\frac{(650+150+640+144+14,4)(1,44+0,16)}{650+150+800}=1,598\ \text{Ом};$$

$$R_{10\,мА}=\frac{(R_и+R14+R5+R7)(R9+R11+R13)}{R_и+R14+R_\Sigma}=$$
$$=\frac{(650+150+640+144)(14,4+1,44+0,16)}{650+150+800}=15,84\ \text{Ом};$$

$$R_{1\,мА}=\frac{(R_и+R14+R5)\ (R7+R9+R11+R13)}{R_и+R14+R_\Sigma}=$$
$$=\frac{(650+150+640)\ (144+14,4+1,44+0,16)}{650+150+800}=144\ \text{Ом};$$

$$R_{I'_и}=\frac{(R_и+R14)\ R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}=\frac{(650+150)\ 800}{650+150+800}=400\ \text{Ом};$$

$$R10=\frac{U_{min}}{I_{100\,мА}}-R_{100\,мА}=\frac{1}{0,1}-1,598=8.402\ \text{Ом};$$

$$R8=\frac{U_{min}}{I_{10\,мА}}-R_{10\,мА}=\frac{1}{0,01}-15,84=84,16\ \text{Ом};$$

$$R6=\frac{U_{min}}{I_{1\,мА}}-R_{1\,мА}=\frac{1}{0,001}-144=856\ \text{Ом};$$

$$R12=\frac{U_{min}}{I'_и}-R_{I'_и}=\frac{1}{200\cdot10^{-6}}-400=4600\ \text{Ом}.$$

При отсутствии номиналов резисторов, близких к расчетным значениям, следует использовать последовательное и параллельное соединения резисторов с последующей подгонкой на каждом пределе в соответствии с рекомендациями, изложенными в четвертой главе.

Сопротивление резистора R15 выбирают из условия

$$R15 = (3...10)\,\frac{(R_и + R14)\,R_{\Sigma}}{R_и + R14 + R_{\Sigma}}.$$

Важно правильно выбрать резисторы по рассеиваемой мощности, что влияет на точность измерения. В технике измерений нагревание добавочных резисторов и шунтов недопустимо. Поэтому номинальная мощность рассеивания резисторов должна превышать в пять и более раз расчетную мощность R, вычисленную по формуле

$$P = RI^2,$$

где R — сопротивление резистора, I — максимальный ток, протекающий через резистор.

Простой комбинированный прибор. На рис. 26—28 представлены три схемных варианта комбинированного прибора — ампервольтметра, с помощью которого можно измерять постоянное и переменное напряжения, постоянный ток и сопротивление постоянному току. Варианты отличаются элементами коммутации, число пределов измерений указано ориентировочно и определяется переключателем пределов. Номиналы добавочных резисторов и шунтов на схемах не указаны, их рассчитывают в соответствии с выбранными пределами и имеющимся в наличии микроамперметром по описанной выше методике.

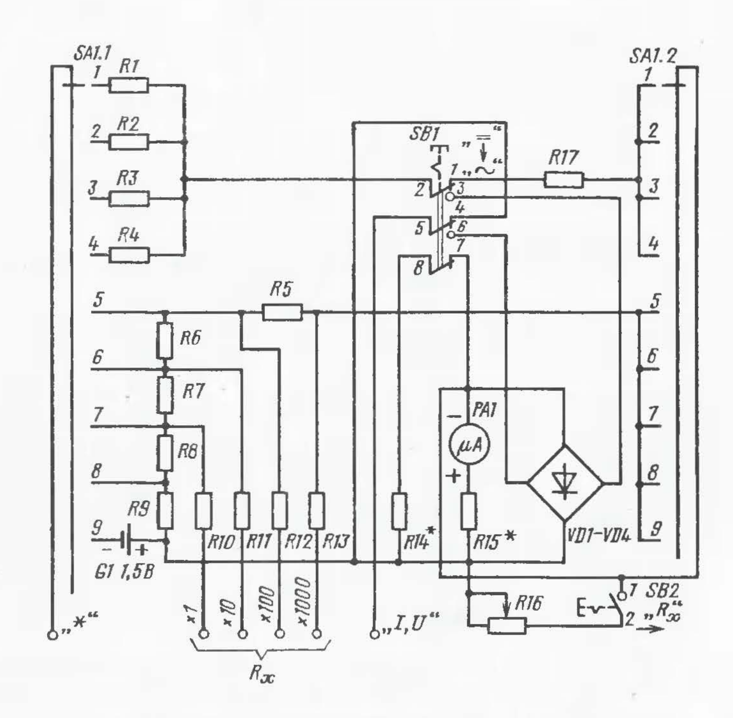


Рис. 26. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 1)

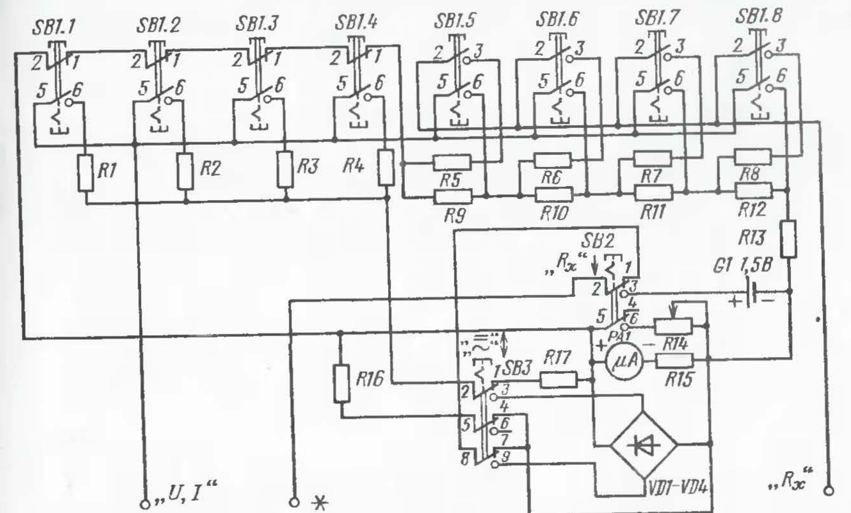


Рис. 27. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 2)

Несмотря на простоту прибор имеет хорошие метрологические характеристики и прежде всего максимально достижимое входное сопротивление вольтметра постоянного тока при минимальном сопротивлении цепи миллиамперметра. Это обеспечено рациональным включением микроамперметра. Дело в том, что цепь универсального шунта при измерении напряжения разрывается и ток, потребляемый вольтметром, оказывается равным току отклонения микроамперметра. Следовательно, суммарное значение сопротивления универсального шунта можно уменьшить при сохранении выбранных пределов измерения тока, что позволит существенно снизить падение напряжения на резисторах шунта и тем самым уменьшить степень влияния миллиамперметра на объект измерения. Применение диодного моста снижает ток, потребляемый вольтметром переменного тока, до (1,1... 1,3) $I_и$ по сравнению с наиболее распространенными в комбинированных приборах мостами на двух диодах и двух резисторах, что позволяет повысить входное сопротивление вольтметра переменного напряжения.

Диоды для моста следует выбрать по трем точкам вольт-амперной характеристики. Для этого можно воспользоваться любым многопредельным омметром или комбинированным прибором. Достаточно измерить сопротивление диодов в прямом направлении (положительный вывод омметра к аноду диода) на трех пределах омметра и отобрать диоды с одинаковыми значениями сопротивления на всех трех пределах.

Добавочные резисторы вольтметра переменного тока рассчитывают так же, как для вольтметра постоянного тока, но с учетом, что ток полного отклонения микроамперметра с выпрямителем $I_в = (1,1...1,3)\ I_и$. Более точное значение тока $I_в$ определяют экспериментально.

В первых двух вариантах прибора (рис. 26, 27) резисторы R14 и R16 соответственно выполняют роль шунтирующего в цепи микроамперметра, необходимого для уравнивания по току полного отклонения микроамперметра при измерении постоянного и переменного напряжений, ориентировочно R14 (R16) = $= R_и I_и/(I_в - I_и)$. Окончательно сопротивление подбирают при регулировке. Исполь-

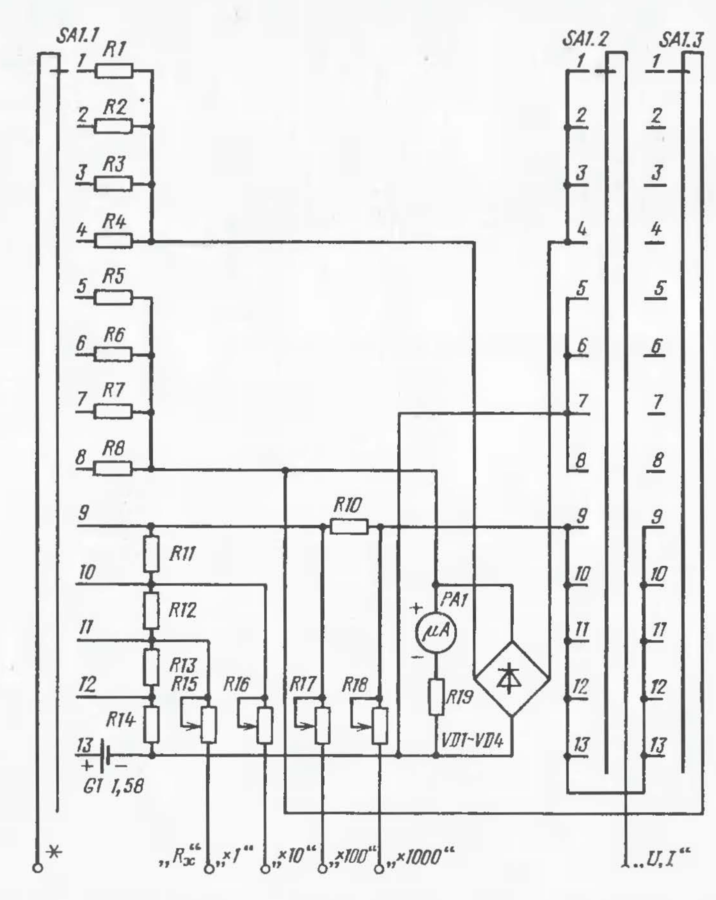


Рис. 28. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 3)

зование этих резисторов дает возможность применять в качестве добавочных одни и те же резисторы (R1 — R4) на постоянном и переменном токах, а расчет вести только по току полного отклонения микроамперметра с выпрямителем $I_в$.

Резистор R17 уравнивает падение напряжения $U_и$ на микроамперметре и $U_в$ на диодном мосте VD1 — VD4:

$$R17 = (U_в - U_и)/I_в.$$

Точное сопротивление резистора R17 устанавливают перед регулировкой вольтметра постоянного тока.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора для первого варианта следующий: PA1, VD1 — VD4; R15, R14, R9, R8, R7, R6, R5, R17, R4, R3, R2, R1, R10, R11, R12, R13, R16. То же для третьего варианта: PA1, VD1 — VD4; R14, R13, R12, R11, R10, R15, R16, R17, R18, R5—R8, R1 — R4.

Комбинированный прибор, электрическая принципиальная схема которого изображена на рис. 29, позволяет измерять постоянный и переменный токи и

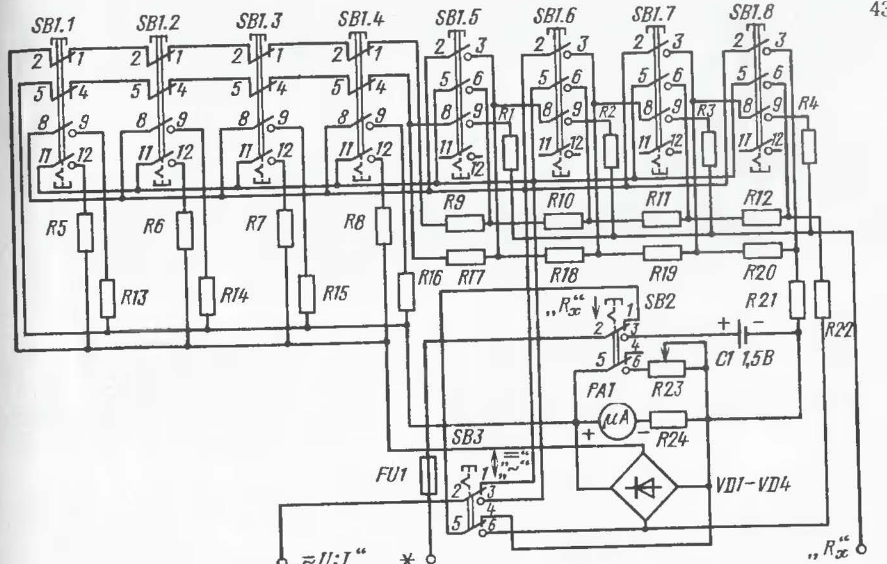


Рис. 29. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора

напряжения, сопротивление постоянному току. Число пределов измерений и их значения выбирают с учетом потребностей и имеющихся возможностей.

Для упрощения регулировки в приборе применены раздельные универсальные шунты для постоянного (R17 — R21) и переменного (Р9 — R12, R22) токов, отключаемые при измерении напряжений, добавочные резисторы на каждый предел измерения постоянного и отдельно на каждый предел измерения переменного напряжения. Множитель встроенного омметра выбирают переключателем SB1 (секции SB1.5 — SB1.8), предназначенным также для выбора пределов измерений тока. Переключатель SB1—П2К с зависимой фиксацией.

Комбинированный прибор является дальнейшим усовершенствованием второго варианта предыдущего прибора.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора по схеме на рис. 29 аналогичен описанному ранее и с учетом обозначения элементов следующий: PA1, VD1 — VD4; R24, R21, R20, R19, R18, R17, R22, R12, R11, R10, R9, R13—R16, R5—R8, R1—R4, R23.

Комбинированный прибор радиолюбителя. Предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, сопротивления постоянному току, обратного и начального токов коллектора и статического коэффициента передачи тока биполярных транзисторов любой мощности и структуры, а также для проверки исправности диодов. Электрическая принципиальная схема прибора показана на рис. 30.

В приборе использована ранее рассмотренная (рис. 25) схема авометра, но с отключением универсального шунта при измерении напряжения, и встроен измеритель статических параметров биполярных транзисторов (с переключателями SB1, SB2, SB3 и кнопкой SB4).

При правильной сборке и подгонке пределов измерений вольтмиллиамперметра настраивать измеритель статических параметров транзисторов не потребуется.

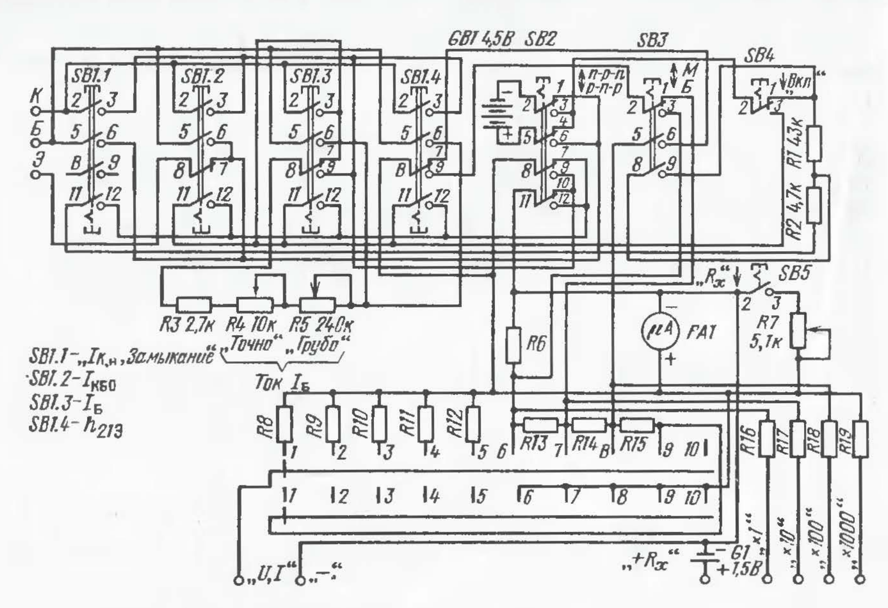


Рис. 30. Схема электрическая принципиальная прибора радиолюбителя

Пределы измерения вольтметра выбирают в соответствии с потребностями, входное сопротивление вольтметра зависит от тока полного отклонения микроамперметра, значение которого не должно превышать 200 мкА. Это требование обусловлено характеристиками современных транзисторов, их малыми значениями тока $I_{КБ0}$ и $I_{К,н}$. Необходимый режим измерения задают в основном напряжением питания U, для большинства маломощных и ряда мощных транзисторов вполне приемлемо напряжение U=4...5 В.

Пределы измерения миллиамперметра выбирают исходя из возможных значений статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ испытуемых транзисторов. Оптимальными можно считать пределы 0,1, 1, 10, 100 мА.

Известно [3], что $h_{21Э}=(I_К-I_{КБ0})/(I_Б+I_{КБ0})$, где $I_К$ — ток в цепи коллектора при наличии тока $I_Б$ в цепи базы; $I_{КБ0}$ — обратный ток коллектора транзистора. При малых значениях обратного тока $I_{КБ0}$ или $I_Б \gg I_{КБ0}$, $h_{21Э} \approx I_К/I_Б$.

При измерении статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ в цепи базы испытуемого транзистора переменными резисторами R4 и R5 устанавливают определенный ток $I_Б$: 25, 50 или 100 мкА на пределе 0,1 мА для маломощных и 0,5, 1 мА на пределе 1 мА для мощных транзисторов. Ток в цепи коллектора $I_К$ измеряют на пределе $I_К=10$ мА для маломощных и на пределе $I_К=100$ мА для мощных транзисторов. Максимальные значения статического коэффициента передачи тока будут соответственно равны 400, 200, 100 для маломощных и 200, 100 для мощных транзисторов.

Сопротивление резисторов R3 — R5 выбирают из следующих соотношений:

$$R3 \approx 0{,}8\frac{U}{I'_{Бmax}};\quad R3+R4 \geqslant \frac{U}{I'_{Бmin}};$$

$$R3+R4+R5 \geqslant \frac{U}{I_{Бmin}},$$

где U — напряжение питания; $I'_{Бmax}$ и $I'_{Бmin}$ — максимальное и минимальное

значения устанавливаемого тока базы при испытании транзисторов большой мощности; $I_{Бmin}$ — минимальное значение устанавливаемого тока базы при испытании маломощных транзисторов.

Резисторы R1 и R2 предназначены для ограничения тока через микроамперметр при проверке транзисторов на отсутствие замыкания и при проверке исправности диодов. Сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при замкнутых зажимах «К» и «Э» прибора в положении «$I_{К,н}$, Замыкание» переключателя SB1 (SB1.1), показания прибора в положениях «М» и «Б» переключателя SB3 были равны (напряжение источника питания GB1 должно быть номинальным), что необходимо в дальнейшем для определения пригодности источника питания по равенству показаний прибора.

Для проверки транзистора его подключают к зажимам прибора в соответствии с цоколевкой, переключатель SB2 устанавливают в положение, определяемое структурой транзистора, переключатель SA1 — в положение «10». Ток $I_Б$ в цепи базы устанавливают резисторами R4 («Точно») и R5 («Грубо») при нажатой кнопке SB4 и при необходимых переключениях, определяемых табл. 4.

Таблица 4. **Состояние переключателей прибора при измерении параметров транзисторов**

Измеряемый параметр	Конечное значение шкалы, мА	Положения переключателей								
		SB1.1	SB1.2	SB1.3	SB1.4	SB3		SB4		SA1
						М	Б	Отпущен	Нажат	
$I_{К,н}$	0,1	×				×			×	10
	1	×					×		×	10
$I_{КБ0}$	0,1		×			×			×	10
	1		×				×		×	10
$I_Б$	0,1			×		×			×	10
	1			×			×		×	10
$h_{21Э}$	10				×	×			×	10
	100				×		×		×	10
«Замыкание»	0,1	×				×		×		10
	1	×					×	×		10

Примечание: Знак × означает включенное положение переключателя.

Испытуемый диод подключают выводами к зажимам «к» и «э» (переключатель SA1 установлен в положение 10), переключатель SB1 устанавливают в положение «$I_{К,н}$, Замыкание» (SB1.1). Переключателем SB2 изменяют полярность подключения источника питания SB1. При измерении обратного тока переключатель SB3 возвращают в положение «М».

На рис. 31 представлена электрическая принципиальная схема приставки к комбинированному прибору, предназначенной для проверки диодов и транзисторов. Возможности приставки такие же, что у описанного выше прибора радиолюбителя. Ее подключают к входным зажимам комбинированного прибора, который устанавливают в режим измерения малых значений постоянного тока.

Сопротивление резисторов R6 — R8 рассчитывают по формуле

$$R=\frac{R_N}{I-I_N}I_N=\frac{U_N}{I-I_N},$$

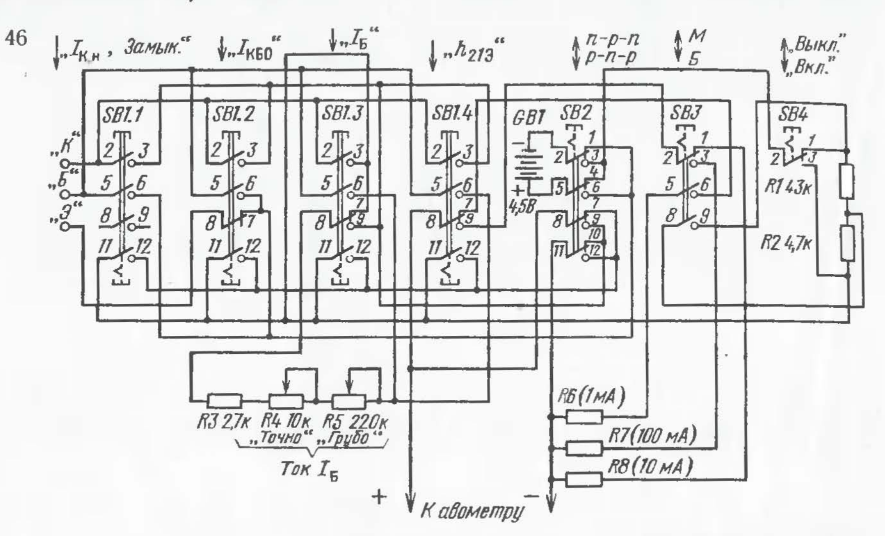


Рис. 31. Схема электрическая принципиальная приставки к комбинированному прибору

где R — сопротивление резистора шунта (R6 — R8), R_N — внутреннее сопротивление прибора на выбранном пределе измерения, I_N — выбранный предел измерения тока, U_N — падение напряжения на внутреннем сопротивлении прибора при выбранном пределе, I — значение тока, до которого необходимо расширить предел измерения приставки ($I_Б$; $I_К$; $I'_К$).

Например, для прибора Ц4313 $I_N=60$ мкА, $U_N=75$ мВ, значения тока I следует выбрать $I'_Б=0{,}6$ мА, $I_К=6$ мА, $I_К=60$ мА. Если выбрать $I_N=120$ мкА, $U_N=0{,}12$ В (см. технические характеристики), то значения тока I следует выбрать $I'_Б=1{,}2$ мА, $I_К=12$ мА, $I'_К=120$ мА.

Регулировка приставки заключается в подгонке пределов измерений $I'_Б$, $I_К$, $I'_К$ по описанной выше методике.

Прибор автолюбителя предназначен для измерения постоянного напряжения на пределах 25 и 2,5 В, сопротивления постоянному току и частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля. Это позволяет контролировать напряжение аккумуляторной батареи в целом и отдельно каждого аккумулятора, оценивать степень его заряженности, контролировать работу генератора и регулятора напряжения, устанавливать требуемую частоту вращения коленчатого вала двигателя, проверять неисправность предохранителей, ламп накаливания и других цепей системы электрооборудования автомобиля.

Прибор доступен в изготовлении и прост в налаживании. Он состоит (рис. 32) из тахометра (резисторы R1, R6 — R8, диоды VD1 — VD5, конденсаторы C1 и C2, микроамперметр PA1), вольтметра R2, R3, R7, R8 и омметра PA1 (R4, R7 — R9, R10, источник питания G1 на 1,2...1,5 В и PA1) и нагрузочного резистора R5 с кнопкой SB1.

Вид измерения выбирают переключателем SA1.

Для измерения прибор подключают зажимом «—» к корпусу автомобиля. В положении 1 переключателя SA1 измеряют частоту вращения коленчатого вала, при этом щуп «n, U, R» прибора подключают к выводу конденсатора прерывателя. Импульсное напряжение с контактов прерывателя поступает на формирователь прямоугольных импульсов (R1, C1). Параметрический стабилизатор (R6, VD1) ограничивает импульсы по напряжению, после чего они через

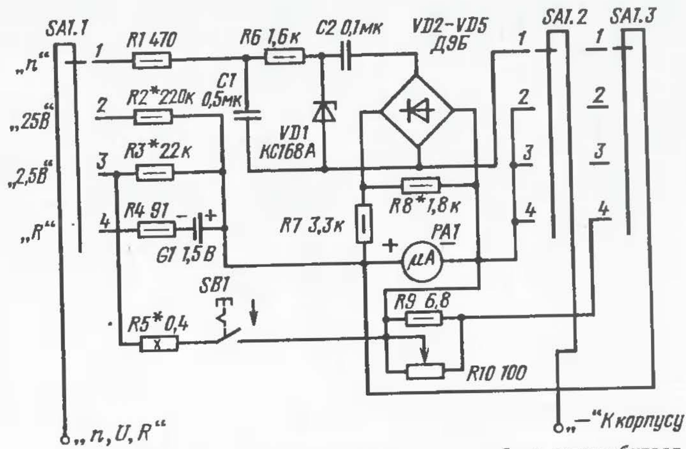


Рис. 32. Схема электрическая принципиальная прибора автолюбителя

конденсатор C2 поступают на диодный выпрямительный мост VD2 — VD5. Конденсатор C2 преобразует прямоугольные положительные импульсы в последовательность положительных и отрицательных коротких импульсов, параметры которых практически не зависят от параметров импульсов на прерывателе.

Выпрямленное напряжение измеряет милливольтметр, состоящий из микроамперметра PA1 и резистора R7. Милливольтметр измеряет среднее значение импульсного напряжения на нагрузке выпрямителя — резисторе R8. Оно пропорционально и частоте следования импульсов, и соответственно частоте вращения коленчатого вала двигателя.

В положениях 2 и 3 переключателя SA1 прибор работает как вольтметр соответственно на 25 и 2,5 В, причем на пределе 2,5 В имеется возможность подключить кнопкой SB1 параллельно входным зажимам прибора нагрузку — резистор R5, сопротивление которого вычисляют по формуле $R5=U_A/I_{з.н}$, где U_A — напряжение на зажимах аккумулятора под нормальной нагрузкой, обычно $U_A=2$ В, $I_{з.н}$ — номинальный ток зарядки, численно равный 0,1 номинальной емкости аккумуляторной батареи. Если при подключении резистора R5 напряжение на аккумуляторе снижается до 2...2,1 В, а в дальнейшем в течение 1...2 мин остается постоянным, можно считать, что он заряжен нормально.

В положении 4 переключателя SA1 прибор работает как омметр. На «нуль» омметр устанавливают резистором R10.

Номиналы резисторов указаны для случая использования микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА и внутренним сопротивлением около 800 Ом.

Налаживание прибора начинают с тахометра. Прежде всего необходимо отградуировать шкалу тахометра, для этого на стекло микроамперметра наклеивают узкую дугообразную полосу тонкой бумаги (или кальки), повторяющую по форме основную шкалу, но закрывающую ее (разбирать микроамперметр не рекомендуется). От нулевой до конечной отметки основной шкалы на полосе бумаги делают отметки, расположенные равномерно, например через 500 $мин^{-1}$ (0, 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60) $\times 100$ $мин^{-1}$, причем оцифровывают отметки через одну.

Затем тахометр в сборе подключают к источнику напряжением около 20 В, частотой 50 Гц и подборкой резистора R8 добиваются установки стрелки прибора на отметку 1500 $мин^{-1}$.

Пределы измерения вольтметра подгоняют по ранее описанной методике.

Омметр градуируют по результатам измерения сопротивления образцовых резисторов, делая при этом соответствующие отметки на шкале.

Пределы измерения омметра при указанных на схеме номиналах — примерно от 10 до 1000 Ом.

В приборе можно применить микроамперметр с другими характеристиками, но при этом придется изменить номиналы резисторов R2, R3, R7 — R9.

СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Комбинированный прибор Ц4311

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...16 000 Гц. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 5—7 и на рис. 33—41.

Прибор можно использовать как образцовый при поверке других комбинированных приборов.

Входное сопротивление прибора 3,3 кОм В при измерении постоянного напряжения и 3 кОм/В при измерении переменного напряжения.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внешним магнитом. Рамка подвешена на растяжках ПлСр-20М 1,0 при натяжении 100±20 г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки не более 75 Ом (180 витков провода ПЭС-1 0,06). Встроенная батарея 3336 (или 3336Л) служит для питания узла защиты от перегрузок.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R17, R21, R26, R28, R39, R32, R33, R45, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 8).

Таблица 5. **Конечные значения шкал постоянного напряжения и ток полного отклонения, постоянного тока и падения напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
750	3	7,5 А	0,86	3	5	30 мА	0.6
300	3	3 А	0,71	1,5	0,5	15 мА	0,59
150	3	1,5 А	0,66	0,75	0,5	7,5 мА	0,57
75	3	750 мА	0,63	0,300	0,3	3 мА	0,54
30	3	300 мА	0,6	0,150	0,342	1,5 мА	0,48
15	3	150 мА	0.6	0,075	0.342	0,75 мА	0,36
7,5	3	75 мА	0,6			300 мкА	0,075

Примечание. Основная погрешность ±0,5%.

Таблица 6. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц
750	3,5	45...300	15	3,5	45...8000
300	3,5	45...300	7,5	3,5	45...16 000
150	3,5	45...1000	3	5	45...16 000
75	3,5	45...3000	1,5	0,7	45...16 000
30	3,5	45...5000	0,75	1,5	45...16 000

Примечания: 1. Основная погрешность ±1%.
2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

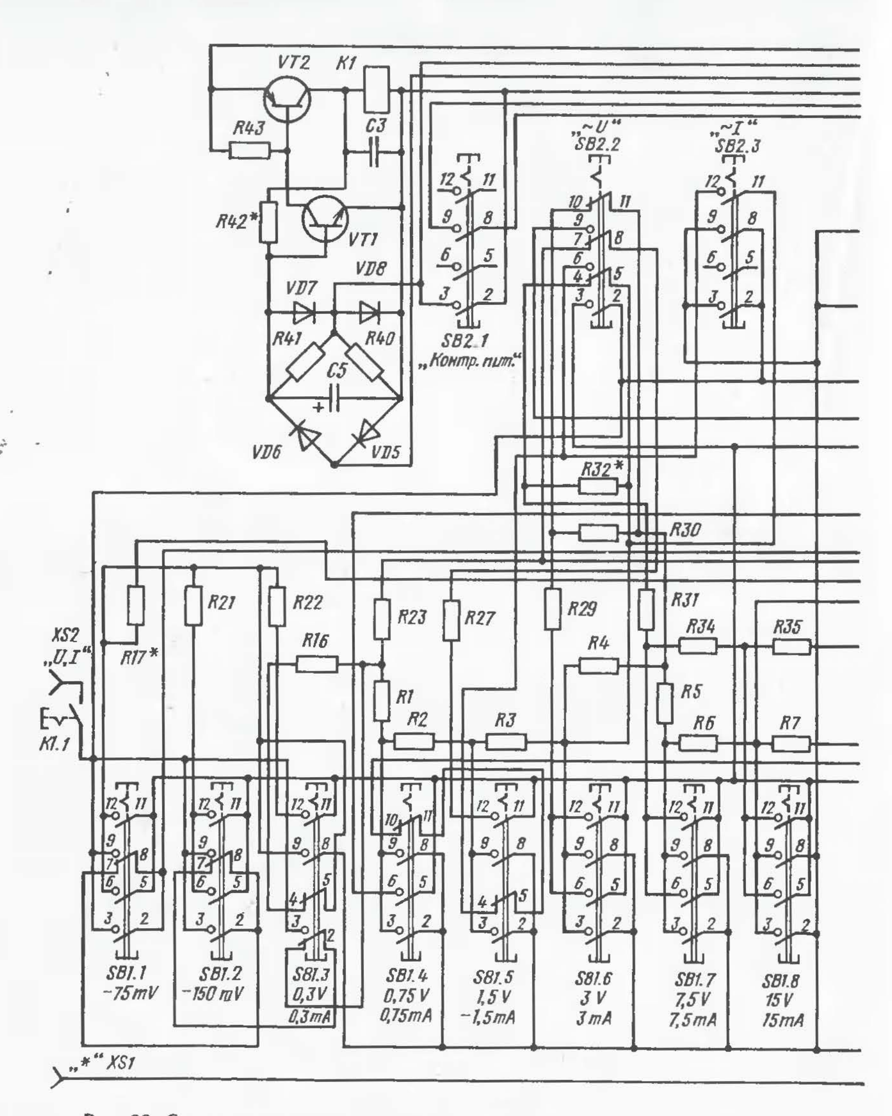
Таблица 7. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток	7,5 А	3 А	1,5 А	0,75 А	0,3 А, 0,15 А	75 мА, 30 мА	15 мА	7,5 мА	3 мА
Падение напряжения, В	0,95	0,8	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0.4

Примечания: 1. Основная погрешность ±1%. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...16 000 Гц.

Таблица 8. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4311**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1, R2	400±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R3	200±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R4	80±0,04 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R5, R6	40±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,2	2	Намотка бифилярная
R7	20±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	То же
R8	12±0,006 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	Шунт
R9	4±0.002 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	То же
R10	2±0,001 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	»
R11	1,2±0,0006 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	»
R12	0,4±0,0002 Ом, провод ПЭМС 0,8	1	»
R13	0,2±0,0001 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R14	0,12±0.00006 Ом, лист МнМц-3-12 0,5	1	»
R15	0,08±0,00004 Ом, лист МнМц-3-12 0,5	1	»
R16	550±0.27 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R17*	До 180 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R18*	До 50 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R19	ММТ 8- -62 ОМ±10%	1	



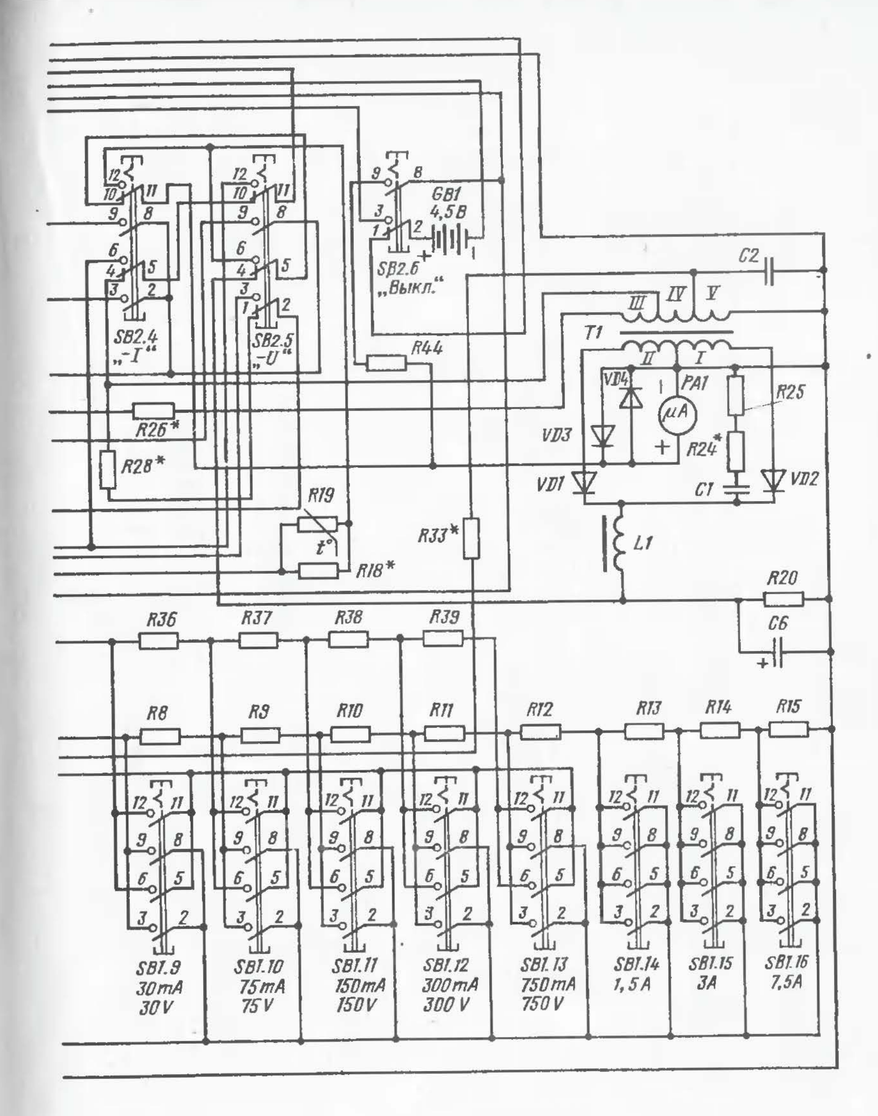


Рис. 33. Схема электрическая принципиальная ампервольтметра Ц4311

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R20	240±2,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R21	218,8±0,11 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R22	750±0,37 Ом, провод ПЭМС 0,08	1	
R23	1020±0,51 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R24*	МЛТ-0,5-(0,5...1,2) кОм	1	
R25	МЛТ-0,5-2,2 кОм±10%	1	
R26*, R28*	До 450 Ом, ПЭМС 0,1	2	Намотка бифилярная
R27	1500±0,75 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	То же
R29	487±0,24 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	»
R30*	До 35 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R31	2320±1,15 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R32*	До 100 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R33*	До 180 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R34	2500±1,25 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R35	5000±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R36	Мр ГЧ-0,25-15 кОм±0,05%	1	
R37	Мр ГЧ-0,5-25 кОм±0,05%	1	
R38	Мр ГЧ-1-50 кОм±0,05%	1	
R39	Мр ГЧ-1-75 кОм±0,05%	2	Соединены последовательно
R40, R41	МЛТ-0,5-2 кОм±5%	2	
R42*	МЛТ-0,5 (до 150) кОм	1	
R43, R44	МЛТ-0,5-15 кОм±10%	2	
	Диоды		
VD1, VD2 VD7, VD8	Д9Д	4	
VD3—VD6	Д220	4	Допускается замена на Д220А, Д220Б, Д219
	Транзисторы		
VT1	МП37Б	1	Допускается замена
VT2	П41	1	на МП36А
	Конденсатор		
C1	МБМ-160-1,0-П-1 мкФ	1	
C2	КСО-5-500-Б-2700 пФ±5%	1	
C3	К50-3-6 мкФ	1	
C5	БМТ-2-400-0,01±10%	1	
C6	К50-6-6-100 мкФ	1	Допускается замена на К50-6-15-100 мкФ
	Трансформатор		
T1	Обмотка I 2100 витков провода ПЭС-1 0,08	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Обмотка II 2100 витков провода ПЭС-1 0,08		
	Обмотка III 524 витка провода ПЭС-1 0,12		
	Обмотка IV 130 витков провода ПЭС-1 0,12		
	Обмотка V 656 витков провода ПЭС-1 0,12		
L1	1000 витков провода ПЭС-1 0,2	1	
K1	1800 витков провода ПЭВ-1 0,2	1	

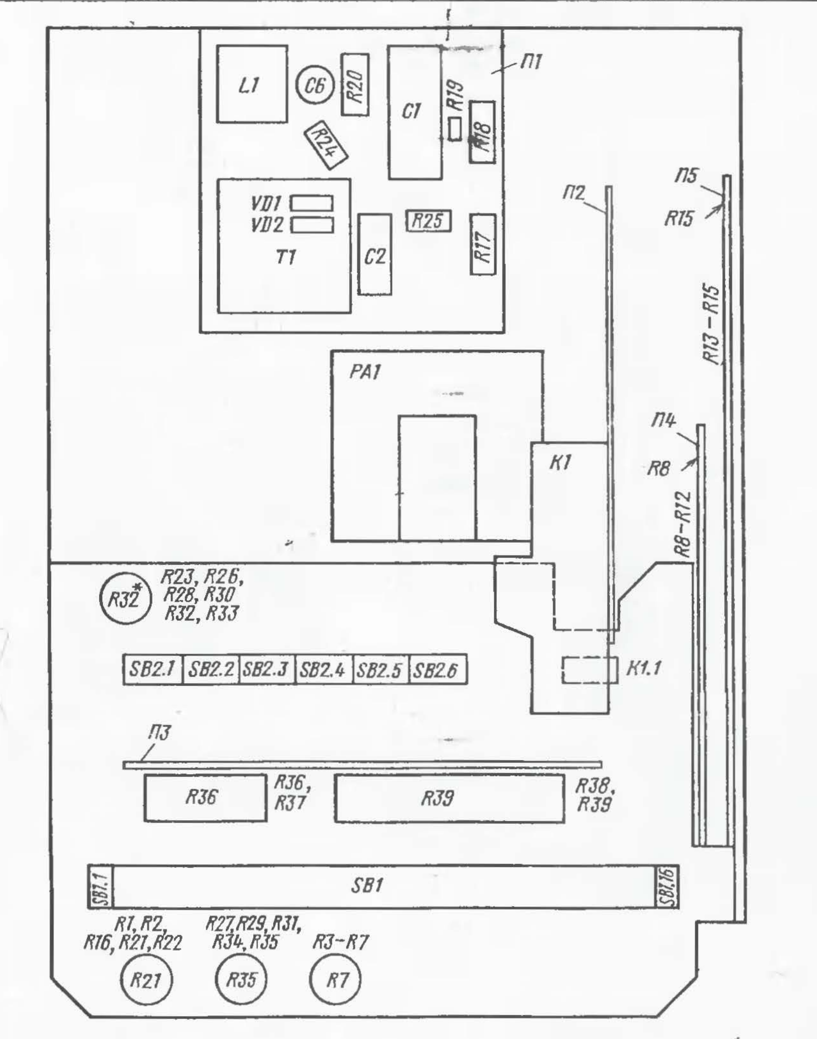
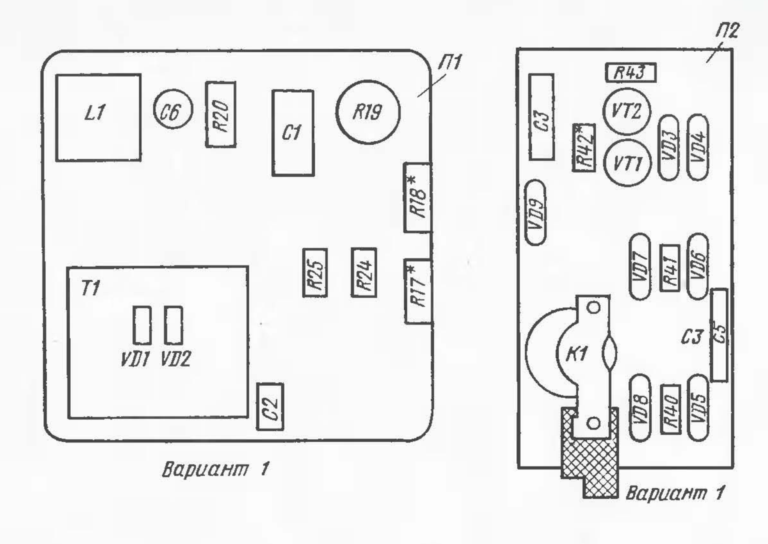


Рис. 34. Схема расположения элементов ампервольтметра Ц4311



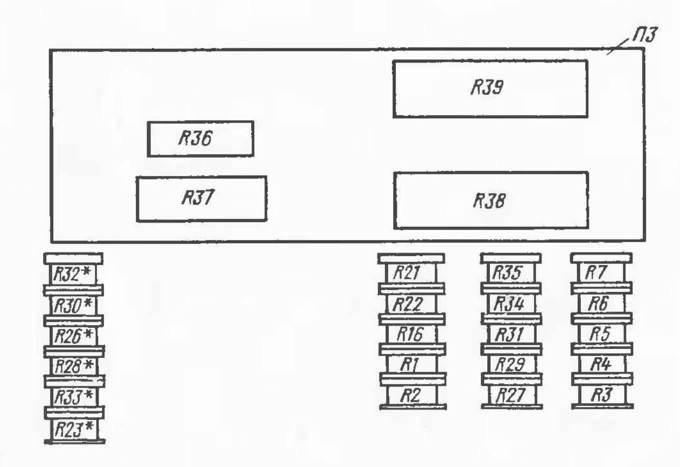


Рис. 35. Схема расположения элементов на платах П1 — П3 и резисторных сборках ампервольтметра Ц4311

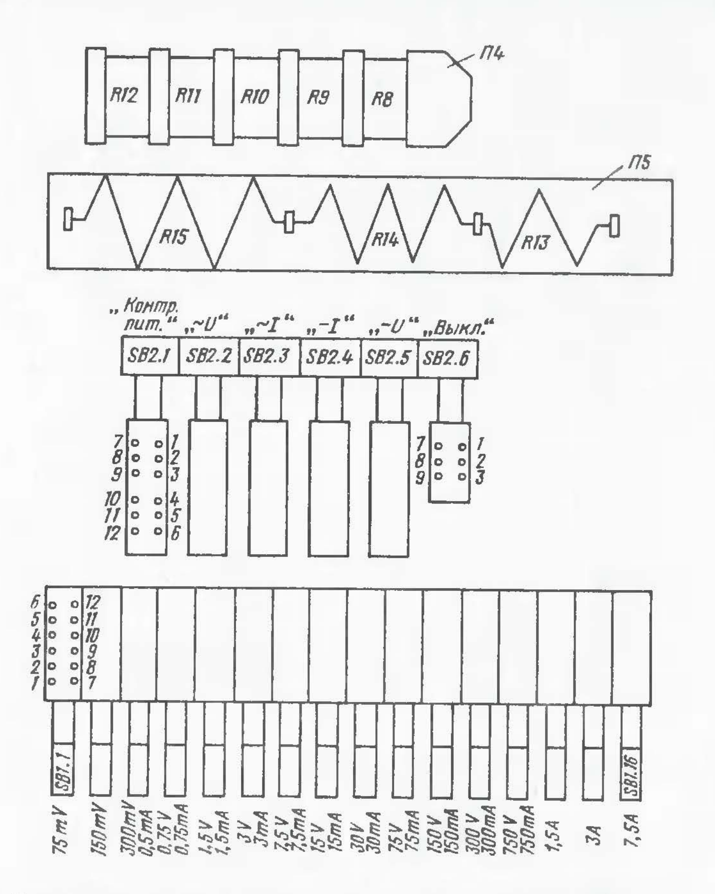


Рис. 36. Схема расположения элементов на платах П4, П5, расположение секции и контактов переключателей SB1 и SB2 ампервольтметра Ц4311

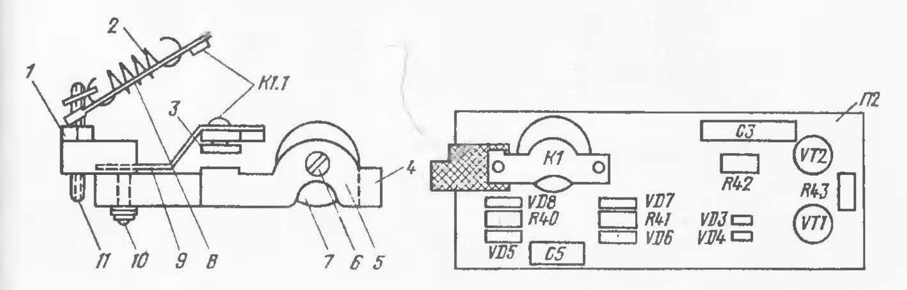


Рис. 37. Кинематическая схема автовыключателя:

1 — фиксирующая гайка; 2 — пружина; 3 — якорь; 4 — постоянный магнит; 5 — корпус (магнитопровод); 6 — винт крепления обмотки реле; 7 — обмотка реле; 8 — пластина подвижного контакта; 9 — пружинящая пластина якоря; 10 — регулировочный винт пружинящей пластины якоря; 11 — регулировочный винт

Рис. 38. Схема расположения элементов на плате П2 ампервольтметра Ц4311 (вариант 2)

Предел измерений	Номера контактов задействованного переключателя предела измерений								Номера нормально замкнутых контактов, входящих в измерительную цепь																			
									SB1.5				SB1.4				SB1.3				SB1.2				SB1.1			
	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11
750 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
300 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
150 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
75 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
30 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
15 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
7,5 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
3 V				X				X		X						X	X				X		X		X		X	
1,5 V				X				X									X	X			X		X		X		X	
0,75 V				X				X									X	X			X		X		X		X	
–300 mV		X		X				X													X		X		X		X	
–150 mV		X		X		X		X									X	X			X		X		X		X	
– 75 mV		X		X		X		X									X	X			X		X		X		X	
7,5A		X		X		X		X		X						X	X	X			X		X		X		X	
3 A		X		X		X		X		X						X	X	X			X		X		X		X	
1,5 A		X		X		X		X		X						X	X	X			X		X		X		X	
0,75A		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
0,3A		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
0,15A		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
75 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
30 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
15 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
7,5mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
3 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
1,5 mA		X				X											X	X			X		X		X		X	
–0,75mA		X				X											X	X			X		X		X		X	
–300 µA		X				X															X		X		X		X	

Рис. 39. Матрица замыкания контактов переключателя пределов измерения ампервольтметра Ц4311

Род работы	Номера контактов переключателя рода работы								Номера нормально замкнутых контактов измерительной цепи															
									SB2.1				SB2.5				SB2.4				SB2.2			
	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11
„–U“ SB2.5		X		X		X		X	X											X		X	X	X
„–I“ SB2.4		X		X		X		X	X							X								
„~I“ SB2.3		X		X		X		X	X					X		X		X		X				
„~U“ SB2.2		X		X		X		X	X				X	X		X		X		X				
„Выкл.“ SB2.1		X				X																		
„К.П.“ SB2.6		X				X																		

Рис. 40. Матрица замыкания контактов переключателя рода работы ампервольтметра Ц4311

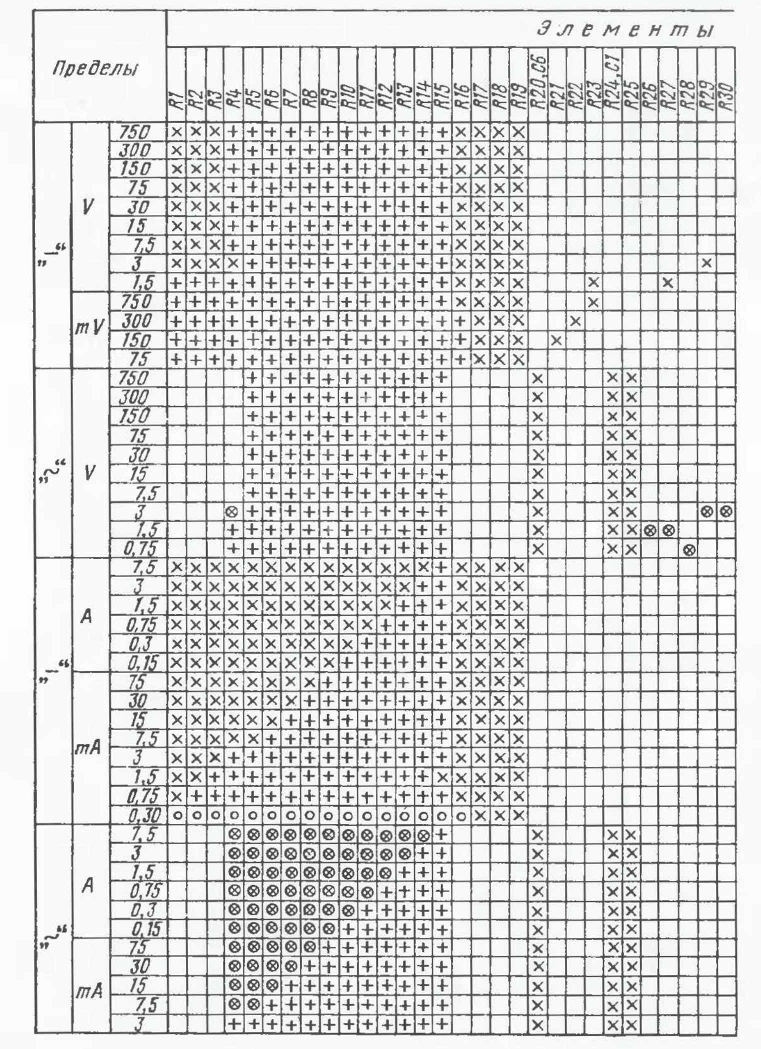
Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$, термокомпенсатора R18R19/(R18+R19) и резистора R17 должно быть в пределах 250±0,25 Ом при температуре 20° С.

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

R33 — при измерении переменного тока на одном из пределов,

R26, R28, R30, R32 — при измерении переменного напряжения на пределах 0,75, 1,5, 3, 7, 5 В соответственно,

R42 — для установки порога срабатывания автовыключателя.



Пределы			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20,C6	R21	R22	R23	R24,C1	R25	R26	R27	R28	R29	R30
„–“	V	750	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		300	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		150	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		75	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		30	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		15	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		7,5	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		3	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×										×	
		1,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×				×				×			
	mV	750	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×				×							
		300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×			×								
		150	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×		×									
		75	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×											
„~“	V	750					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		300					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		150					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		75					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		30					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		15					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		7,5					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		3				⊗	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×				⊗	⊗
		1,5				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×	⊗	⊗			
		0,75				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×			⊗		
„–“	A	7,5	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	×	×	×	×											
		3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	×	×	×	×											
		1,5	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	×	×	×	×											
		0,75	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	×	×	×	×											
		0,3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		0,15	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
	mA	75	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		30	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		15	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		7,5	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		3	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		1,5	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×											
		0,75	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		0,30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×											
„~“	A	7,5				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+					×				×	×					
		3				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+					×				×	×					
		1,5				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+					×				×	×					
		0,75				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+					×				×	×					
		0,3				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+					×				×	×					
		0,15				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
	mA	75				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		30				⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		15				⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		7,5				⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		3				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					

Рис. 41. Карта электрических цепей ампервольтметра Ц4311:

⊗ — цепи трансформатора Т1; 3 — цепи защиты

В приборе применена защита электрической схемы прибора и микроамперметра при электрических перегрузках, осуществляется автовыключателем. Схема автовыключателя представляет собой (рис. 33) диодный выпрямительный мост (VD5, VD6, R40, R41) и двухкаскадный транзисторный усилитель (VT1, VT2) с положительной обратной связью между каскадами (R42). Нагрузкой усилителя является специальное реле К1.1 (рис. 37). Сигнал перегрузки подается на вход усилителя с выходной диагонали диодного выпрямительного моста, входная диагональ которого при измерении постоянного напряжения или тока подключается параллельно измерительному механизму, а при измерении переменного

R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	VD1, VD2	SB2. 5							SB2. 4						SB2. 3			SB2. 2						LR	T, C2
										1-2	2-3	4-5	5-6	8-9	10-11	11-12	2-3	4-5	5-6	8-9	10-11	11-12	2-3	8-9	11-12	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11		
×			×	×	×	×	×	×					×	×		3					×						×						
×			×	×	×	×	×						×	×		3					×						×						
×			×	×	×	×							×	×		3					×						×						
×			×	×	×								×	×		3					×						×						
×			×	×									×	×		3					×						×						
×			×										×	×		3					×						×						
×													×	×		3					×						×						
													×	×		3					×										×		
													×	×		3					×								×				
											×		×	×		3					×												
													×	×		3					×												
													×	×		3					×												
													×	×		3					×												
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗		×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗			×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗				×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗					×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗						×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗							×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
⊗		⊗							×			×			3			3			×					⊗		⊗				×	×
		+							×			×			3			3			×					⊗		+		○		×	×
		+							×	⊗		×			3			3			×					⊗		+				×	×
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	+		3	+		×											
																	×		3	×		×											
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						3			3					+	+	⊗							×	×

напряжения или тока подключается к обмотке IV, V трансформатора T1. При этом транзистор VT1 открывается, через обмотку реле K1 (рис. 33, 37) протекает ток, ослабляя магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом 4, удерживающий якорь 3, сила пружинящей пластины якоря 3 разрывает контакты K1.1, отключая прибор от исследуемой цепи. Настройка автокомпенсатора состоит в следующем. Винтом 11 устанавливают давление подвижного контакта 8 на якорь 3 силой 40±5 г при замкнутых контактах, а винтом 10 пружинящее усилие пластины якоря 9 в пределах 80±5 г, причем при определенни усилия якорь 3 не должен соприкасаться с магнитопроводом.

Комбинированный прибор Ц4312

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...10 000 Гц и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 9—12 и на рис. 42—45.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 667 Ом/В. Рабочий температурный интервал 10...35° С, относительная влажность до 80% (при температуре 30° С), а для тропического исполнения (Ц4312Т) — 5...45° С, относительная влажность до 95% (при температуре 35° С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр-20М-0,5 при натяжении 55±5 г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки 50 Ом. Рамка содержит 100...120 витков привода ПЭВ-1 0,06. В приборе используется встроенная батарея питания КБС-Л-0,5 или 3336, 3336Л.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R16, R31, R33, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 13).

Таблица 9. **Конечные значения шкал постоянного напряжения и ток полного отклонения, тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
900	1,5	6 А	0,5	30	1,5	15 мА	0,31
600	1,5	1,5 А	0,4	7,5	1,5	6 мА	0,3
300	1,5	0,6 А	0,38	1,5	0,3	1,5 мА	0,25
150	1,5	0,15 А	0,35	0,3	0,3	0,3 мА	0,075
60	1,5	60 мА	0,32	0,075	0,3		

Примечание. Основная погрешность ±1%.

Таблица 10. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц
900	1,5	45...1000	30	1,5	45...10 000
600	1,5	45...1000	7,5	1,5	45...10 000
300	1,5	45...2000	1,5	0,9	45...10 000
150	1,5	45...2000	0,3	4,5	45...10 000
60	1,5	45...2000			

Примечания: 1. Основная погрешность ±1,5%. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

Таблица 11. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток	6 А	1,5 А	0,6 А	0,15 А	60 мА	15 мА	6 мА	1,5 мА
Падение напряжения, В	0,5	0,4	0,38	0,35	0,3	0,25	0,08	0,6

Примечания: 1. Основная погрешность ±1,5%. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...10 000 Гц.

Рис. 42. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4312

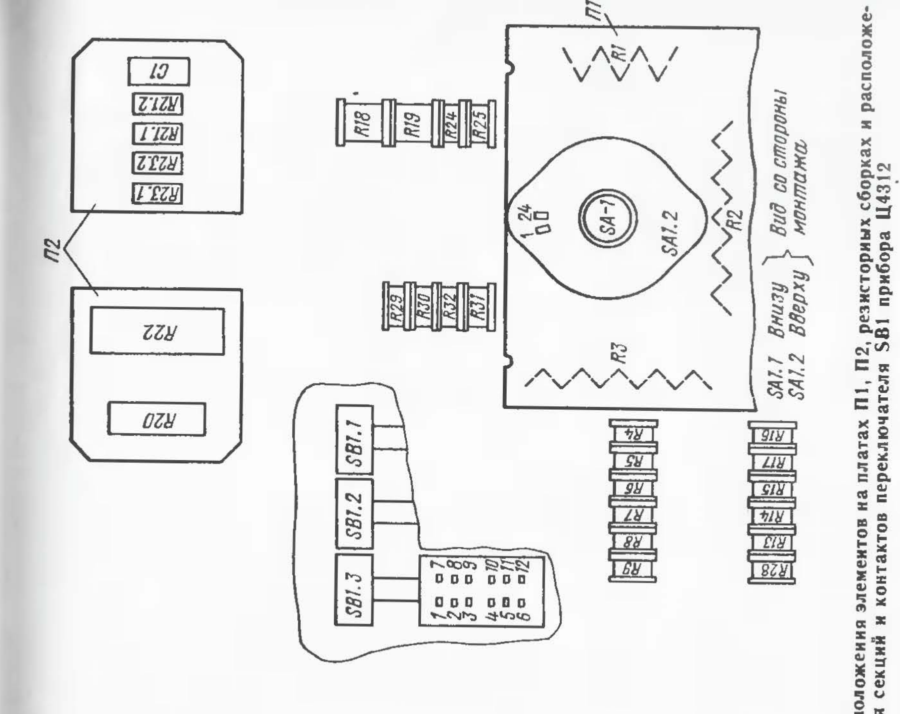


Рис. 44. Схема расположения элементов на платах П1, П2, резисторных сборках и расположения секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4312

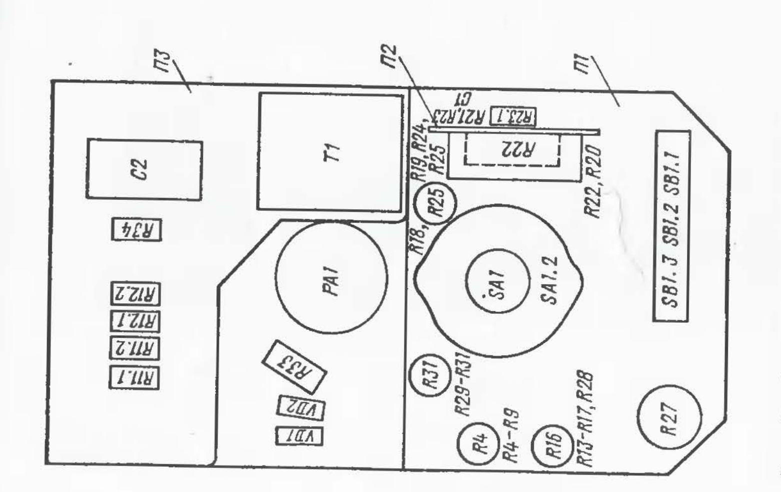


Рис. 43. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4312

← **Рис. 45. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4312:**
⊗ — цепи трансформатора T1, ⊙ — элементы второй параллельной цепи

Таблица 12. **Характеристики встроенного в прибор омметра**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм
Ω	200 Ом	22	3,7...4,7	54
kΩ×1	3 кОм	20	3,7...4,7	
kΩ×10	30 кОм	2	3,7...4,7	63
kΩ×100	300 кОм	0,7	11...14	
MΩ	3 МОм	0,8	120...160	

Примечание. Основная погрешность ±1%.

Таблица 13. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4312**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	0,05±0,00005 Ом, провод МнМц-2-12 0,5	1	Шунт
R2	0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R4	1,55±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R5	3±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R11	МЛТ-0,5-120 кОм±10%	2	Суммарное сопротивление 245,5±1,2 кОм
R12	МЛТ-0,5-12 кОм±10%	2	Суммарное сопротивление 24,1±0,12 кОм
R13	2070±10 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R14	223±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R15	1000±1 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R16*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R17	3200±3,2 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R18	15±0,015 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R19	20±0,02 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R20	МРХ-0,125-60 кОм±0,05%	1	
R21	МЛТ-0,5-51 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 99,8±0,3 кОм
	МЛТ-0,5-47 кОм±5%	1	
R22	МРХ-0,25-200 кОм±0,05%	1	
R23	МЛТ-0,5-51 кОм±10%	1	Суммарное сопротивление 200±0,6 кОм
	МЛТ-0,5-150 кОм±10%	1	
R24	3000±3 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R25	50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R27	СПЗ-9а-25-1 кОм±20%	1	
R28	950±0,96 Ом, провод 0,08	1	
R29	550±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30	150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R31*	До 4100 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R32*	До 7 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R33*	До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R34	МЛТ-0,5-56 кОм±10%	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9М
	Конденсаторы		
C1	КСО-1-250-330±10%	1	
C2	БМТ-2-400-0,1 мкФ±10%	1	
	Трансформатор		
T1	I и II обмотки ПЭС-1, 0,06, 2000 витков, III обмотка, провод ПЭС-1, 0,1, 600 витков, IV обмотка, провод ПЭС-1, 0,35, 150 витков	1	

Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R33 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R33 = [250 + 0{,}004\,(t - 20)\,R_и] \pm 0{,}25,$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора: R32 — при измерении переменного тока на одном из пределов от 6 мА до 6 А, а R31, R16 — при измерении переменного напряжения на пределах 1,5 и 7,5 В соответственно.

Комбинированный прибор Ц4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 14—17 и на рис. 46—49.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В при измерении переменного.

Прибор выпускается в двух модификациях:

Ц4313 для работы при температуре окружающего воздуха —10...+40° С и относительной влажности до 80%;

Ц4313Т для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха —5...+45° С и относительной влажности до 95%.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,25 при напряжении 40±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление подвижной рамки 652±3 Ом; она содержит 400 витков провода ПЭВ-1 0,05. Прибор питается от встроенной батареи КБС-Л-0,5 (3336), тропический вариант — от батареи 336 Т.

Таблица 14. **Конечные значения шкал постоянного напряжения, тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
600	1500 мА	0,23
300	300 мА	0,2
150	60 мА	0,18
60	15 мА	0,18
30	3 мА	0,18
15	0,6 мА	0,17
7,5	120 мкА	0,12
3	60 мкА	0,075

Примечания: 1. Основная погрешность ±1,5%. 2. Ток полного отклонения при напряжении 0,075 В составляет 60 мкА, при остальных напряжениях 50 мкА.

Таблица 15. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
600	0,5	45...200	45...500
300	0,5	45...500	45...1000
150	0,5	45...1000	45...2000
60	0,5		45...5000
30	0,5		45...5000
15	0,5	45...2000	45...5000
7,5	0,6	45...2000	45...5000
3	5	45...2000	45...5000
1,5	5	45...2000	45...5000

Примечание. Основная погрешность ±2,5%.

Таблица 16. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток, мА	1500	300	60	15	3	0,6
Падение напряжения, В	0,95	0,92	0,9	0,9	0,87	0,7

Примечания: 1. Основная погрешность ±2,5%. 2. Номинальная частотная область 45...2000 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...5000 Гц.

Таблица 17. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Основная погрешность, %
Ω×1	500 Ом	70	3,7...4,7	±10
Ω×10	5000 Ом	7	3,7...4,7	
Ω×100	50 000 Ом	0,7	3,7...4,7	±1,5
kΩ×1	500 кОм	0,07	3,7...4,7	±1,5
kΩ×10	5000 кОм	0,07	33...43	±1,5
C_x	500 пФ	4	190...245 50±1 Гц	±2,5
dB	—10...+12	0,5...5	—	±2,5

Примечание: Длина рабочей части шкалы 62 мм

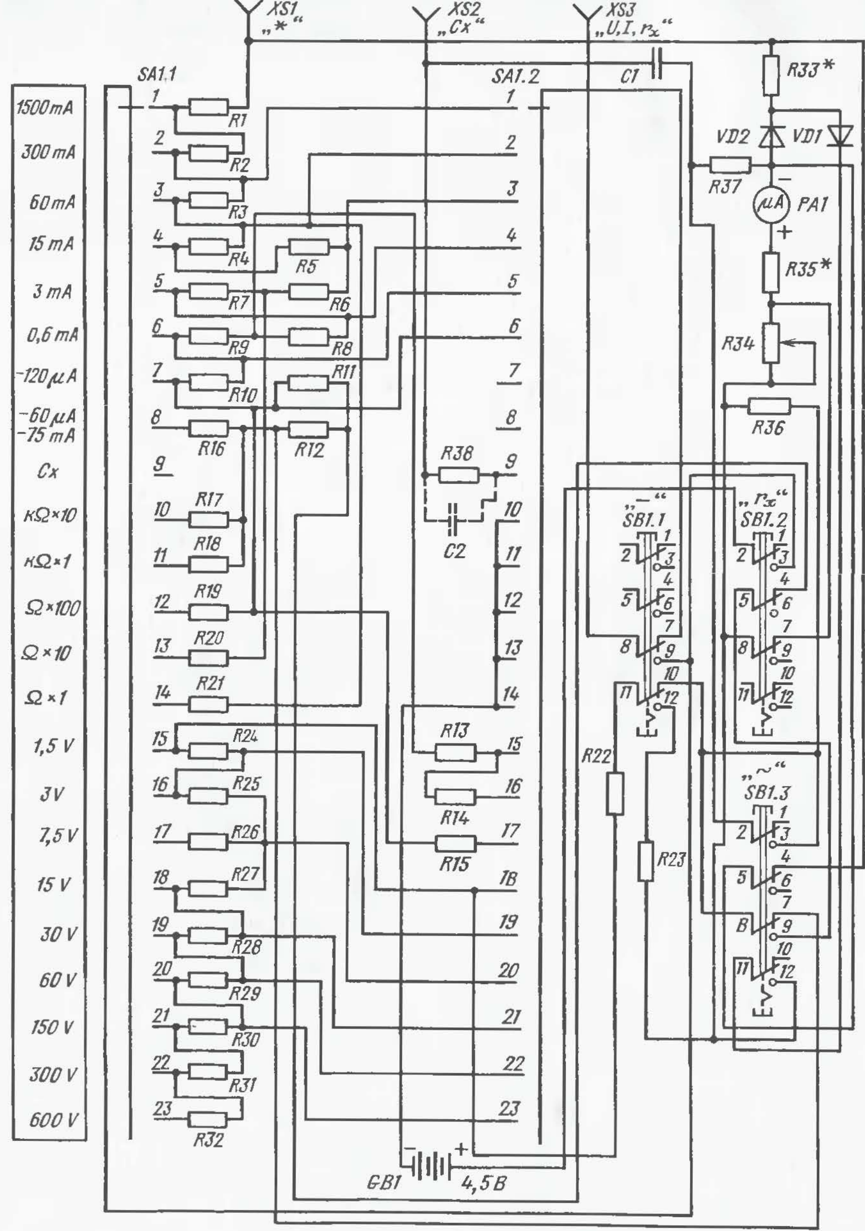


Рис. 46. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4313

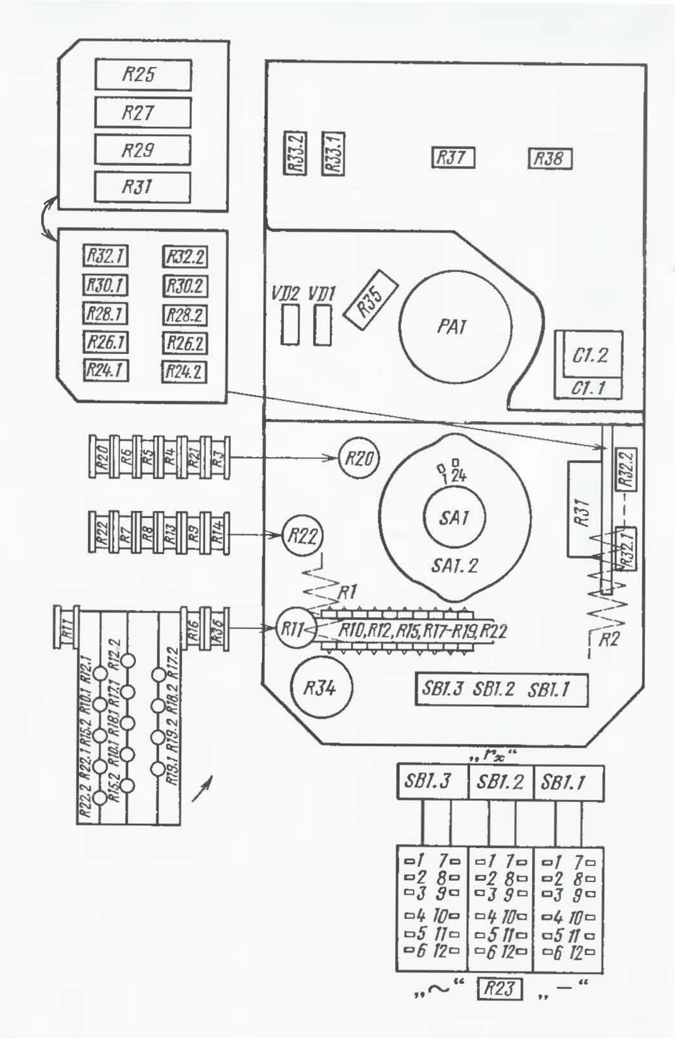


Рис. 47. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 1)

При измерении на пределе 3 В относительный уровень переменного напряжения отсчитывают непосредственно по шкале dB. При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения к показанию прибора необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 18.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R33 и R35, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 19). Резистор R35 служит для подгонки показаний прибора на постоянном токе. Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R35 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R35 = [635 + 0{,}004\,(t - 20)\,R_и] \pm 3,$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °C.

Рис. 48. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 2)

На переменном токе прибор подгоняют изменением сопротивления резистора R33 на наименьшем пределе.

Таблица 18. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	1,5	3	7.5	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—6	0	8	14	20	26	34	40	46

→

Рис. 49. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4313

Таблица 19. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4313**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-3-1 1	1	Шунт
R2	0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-3-1 1	1	»
R3	2,4 ±0,004 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	9,00±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R5	3,00±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15,00±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30,00±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R8, R9	120±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,15	2	
R10, R12	1200±2 Ом, провод ПЭМС 0,05	2	
R11, R14	300±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R13	125±0,3 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R15	МЛТ-0,5-5,6 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 11,36±0,04 кОм
R16	375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R17	МЛТ-0,5-360 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 582±3,0 кОм
	МЛТ-0,5-220 кОм±5%	1	
R18	МЛТ-0,5-27 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 57,2±0,3 кОм
	МЛТ-0,5-30 кОм±5%	1	
R19	МЛТ-0,5-2,2 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 5,56±0,03 кОм
	МЛТ-0,5-3,3 кОм±5%	1	
R20	550±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R21	51±0,25 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R22	28,72±0,03 кОм, провод ПЭМС 0,25	1	
R23	МЛТ-0,5-750 кОм±5%	1	
R24	МЛТ-0,5-15 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 30±0,09 кОм
R25	МВСГ 0,12 0,1—60 кОм	1	
R26	МЛТ-0,5-15 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 30±0,09 кОм
R27	МВСГ-0,12-0,1-180 кОм	1	
R28	МЛТ-0,5-150 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 300±±1 кОм
R29	МВСГ-0,25-0,1-600 кОм	1	
R30	МЛТ-0,5-910 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 1800±5,4 кОм
R31	МВСГ-0,12-0,1-3 МОм	1	
R32	МЛТ-0,5-3 МОм	2	Суммарное сопротивление 6±0,0018 МОм
R33	2...3 кОм, провод ПЭМС 0,5	1	
R34	СП3-9а-25-2,2 к±20%	1	
R35	Подгоночный, провод ПЭМС 0,05	1	$R_и$ + R35 = 635±±3 Ом

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R36	600±1 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R37	МЛТ-0,5-300 Ом±5%	2	Суммарное сопротивление 600±2 Ом
	Конденсаторы		
C1 *	КБГ-И-2-400-0,05±5%	1	Суммарная емкость 54700±1100 пФ
	КСО-5-500-4700±5%	1	
C2 *	КСО-5-500-3600±5%	1	Суммарная емкость 3700±70 пФ
	КСО-2-500-100±5%	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9Д

Комбинированный прибор Ц4314

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 20—22 и на рис. 50—53.

Таблица 20. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
0,075; 0,75; 3; 7,5; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В	Постоянный	12	—	±2,5
0,75; 3; 7,5; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В	Переменный	300	—	±4,0
12; 60 мкА 0,3; 3; 15; 60; 300; 1500 мА	Постоянный	—	0.3	±2,5
0,3; 3; 15; 60; 300 1500 мА	Переменный	—	1,2	±4,0

Таблица 21. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600; 300 В	45...200	45...500
150; 60 В	45...500	45...1000
30; 15 В	45...1000	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...2000	45...15 000

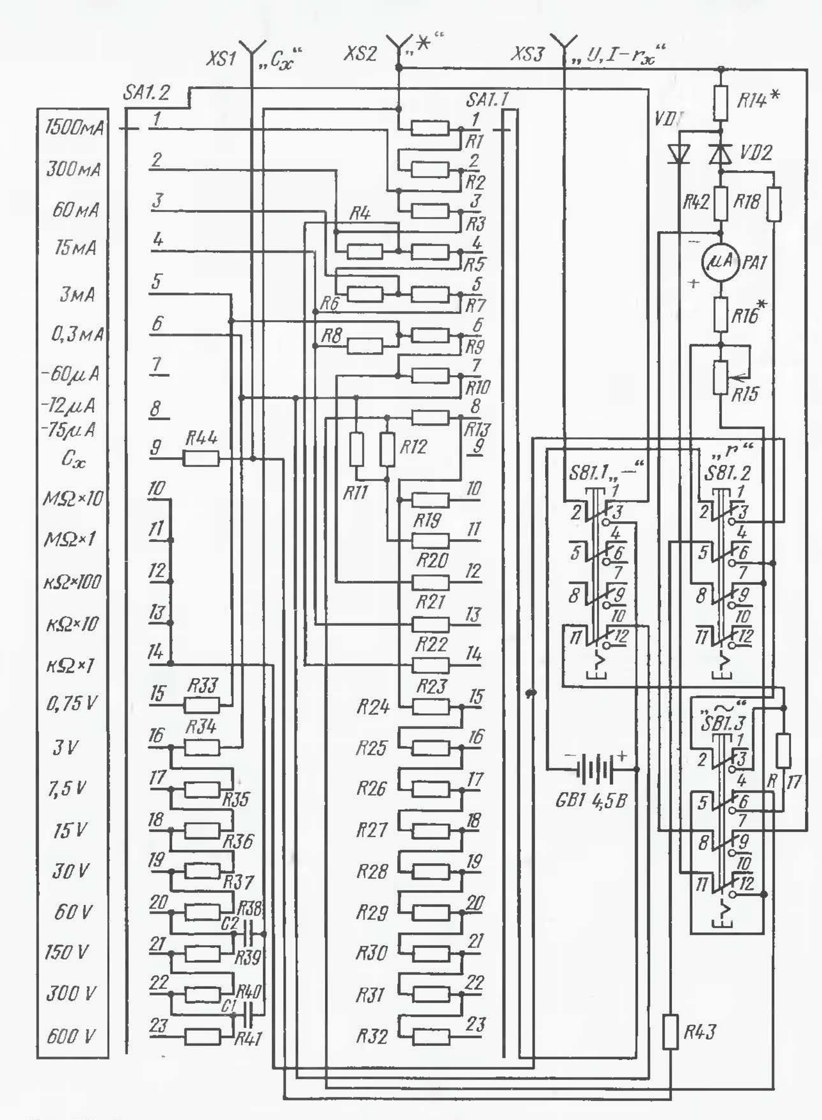


Рис. 50. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4314

Таблица 22. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
kΩ×1	1 кОм	40	3,7...4,8	62	±2,5
kΩ×10	10 кОм	4	3,7...4,8		
kΩ×100	100 кОм	0,4	3,7...4,8		
MΩ×1	1 МОм	0,004	3,7...4,8		

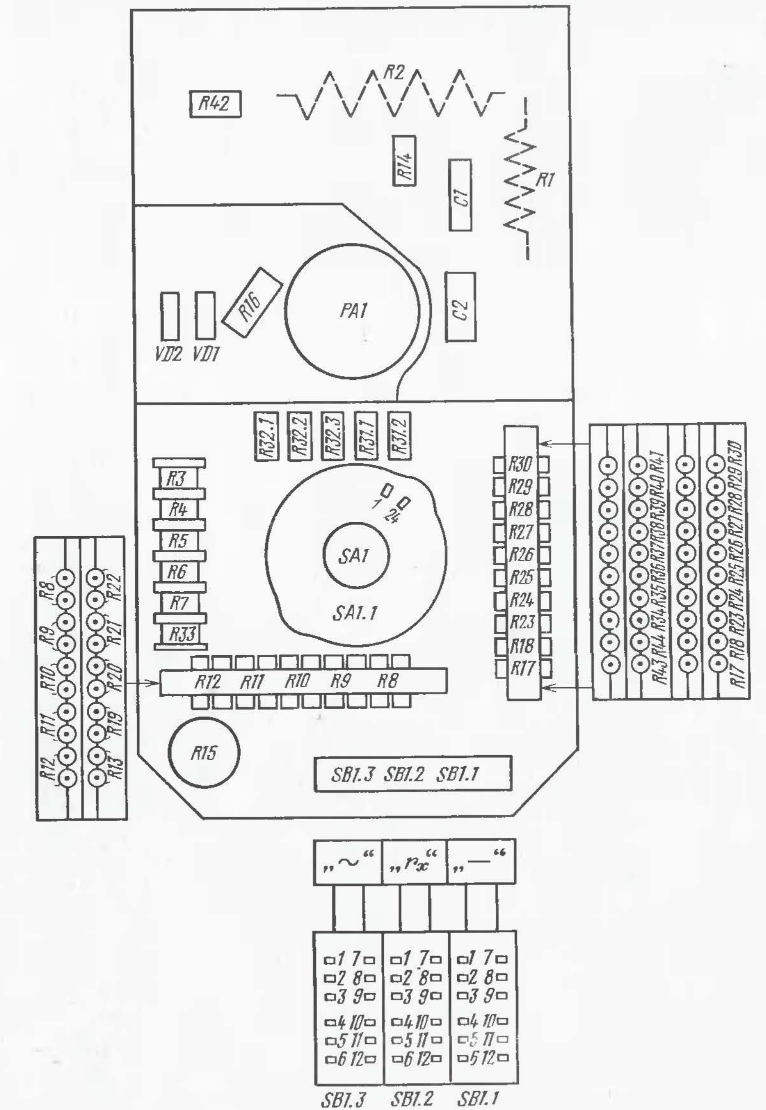


Рис. 51. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 1)

Окончание табл. 22

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
MΩ×10	10 МОм	0,002	11...13,8		
Cx	0,1 мкФ	0,5	(190...245) — —(50±1) Гц	60	±4
dB	−10...+12	0,3	—	58	±4

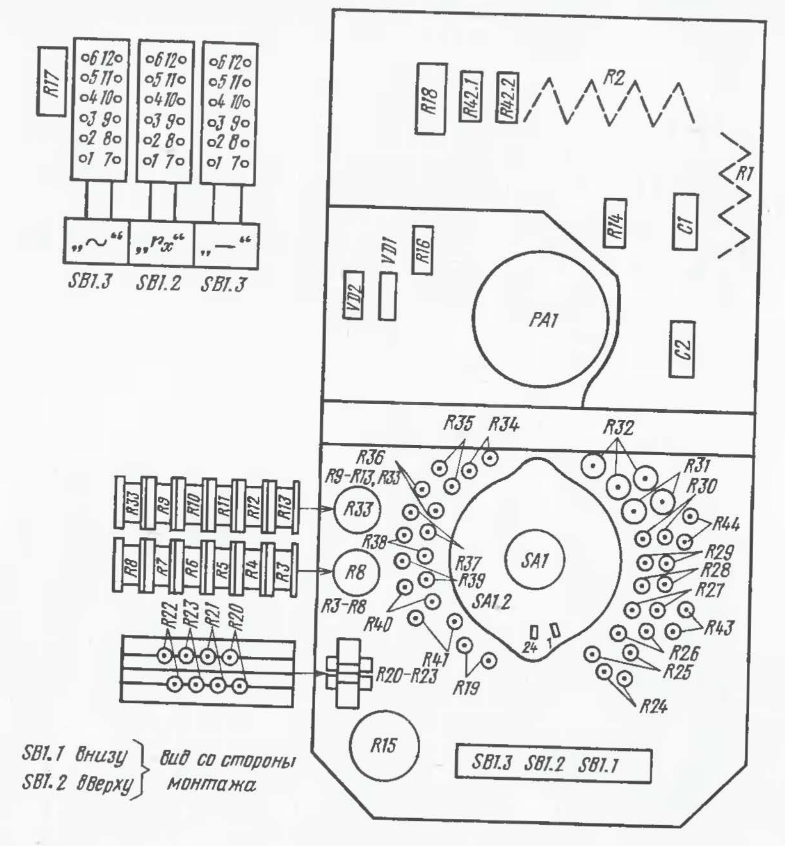


Рис. 52. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 2)

Входное сопротивление прибора равно 83,3 кОм/В при измерении постоянного и 3,3 кОм/В — переменного напряжений. Температурные пределы работоспособности прибора 10...35° С, относительная влажность до 80% (при температуре 30° С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,1 при натяжении 30±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 10 мкА. Сопротивление рамки 2200 Ом; она содержит 730...750 витков провода ПЭВ-1 0,02. Прибор питается от встроенной батареи 3336 (3336Л).

При измерении относительного уровня передачи переменного напряжения на всех пределах, кроме 3 В, к показаниям прибора по шкале dB необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 23.

Рис. 53. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4314 →

Элементы \ Пределы	V „—" 600	300	150	60	30	15	7,5	3	0,75	V „~" 600	300	150	60	30	15	7,5	3	0,75	mV „—" 75	mA „—" 1500	300	60	15	3	0,3	µA 60	12	mA „~" 1500	300	60	15	3	0,3	µF „Cx" ×1	MΩ ×10	×1	kΩ ×100	×10	×1
R1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+
R2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+
R3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	×	+	+	+	+	+	o	×	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+
R4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	×	×	+	+	+	+	o	×	×	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+
R5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	×	×	+	+	+	+	o	×	×	+	+	+	+	+	o	+	+	+	×
R6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	×	×	×	+	+	+	o	×	×	+	+	+	+	+	o	+	+	+	×
R7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	×	×	×	+	+	+	o	×	×	×	+	+	+	+	o	+	+	+	×
R8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	×	×	×	×	×	+	+	o	×	×	×	×	+	+	+	o	+	+	×	×
R9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	×	o	×	×	×	×	×	+	+	o	×	×	×	×	×	+	+	o	+	+	×	×
R10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	×	o	×	×	×	×	×	×	+	o	×	×	×	×	×	+	+	o	+	×	×	×
R11	o	o	o	o	o	o	o	o	o										o	×	×	×	×	×	×	×	o								o	+	×	×	×
R12	o	o	o	o	o	o	o	o	o										o	×	×	×	×	×	×	×	o								o	×	×	×	×
R13	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×								×								×				
R14										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
R15																																		×	×	×	×	×	×
R16	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
R17										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
R18										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
R19																																			×				
R20																																				+			
R21																																					+		
R22																																						+	
R23																																							+
R24	×	×	×	×	×	×	×	×	×																														
R25	×	×	×	×	×	×	×	×																															
R26	×	×	×	×	×	×	×																																
R27	×	×	×	×	×	×																																	
R28	×	×	×	×	×																																		
R29	×	×	×	×																																			
R30	×	×	×																																				
R31	×	×																																					
R32	×																																						
R33																			×																				
R34										×	×	×	×	×	×	×	×																	o					
R35										×	×	×	×	×	×	×	o																	o					
R36										×	×	×	×	×	×	o	o																	o					
R37										×	×	×	×	×	o	o	o																	o					
R38										×	×	×	×	o	o	o	o																	o					
R39										×	×	×	o	o	o	o	o																	o					
R40										×	×	o	o	o	o	o	o																	o					
R41										×																													
R42										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
R43																																		×					
R44																																		+					
GB1																																			×	+	+	+	+
VD1, VD2										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
C1, C2										o	o	o	o	o	o	o	o	o																o					
SA1.1	23	22	21	20	19	18	17	16	15										8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14
SA1.2										23	22	21	20	19	18	17	16	15																	10	11	12	13	14
SB1.1 1-2										×	×	×	×	×	×	×	×	×										+	+	+	+	+	+	+	×	+	+	+	+
SB1.1 2-3	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	+	+	+	+	+	+	+	×												
SB1.1 10-11										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	+					
SB1.2 2-3																																			×	+	+	+	+
SB1.2 5-6																																		×					
SB1.2 7-8	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						
SB1.3 2-3										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
SB1.3 4-5	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×	×								×	×	×	×	×
SB1.3 5-6										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					
SB1.3 7-8	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×	×								×	×	×	×	×
SB1.3 11-12										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×					

Сопротивление всех резисторов, за исключением R14 и R16, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 24).

Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R16 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R16 = \{[2500 + 0{,}004\,(t - 20)\,R_и] \pm 25\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, ° С.

На переменном токе прибор регулируют подгонкой сопротивления резистора R14.

Таблица 23. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	0,75	3	7,5	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—12	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Таблица 24. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4314**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	0,1±0,0005 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R2	0,4±0,002 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	2±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R4, R6	2,5±0,012 Ом, провод ПЭМС 0,4	2	
R5	5±0,025 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R7	37,5±0,19 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	200±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	250±1,25 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10	2±0,01 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R11	2,5±0,012 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R12	7,5±0,037 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R13	4,17±0,02 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R14	МЛТ-0,5-(1,6...2,4) кОм±5%	1	Подгоночный
R15	СП-3-9а-2б-10 кОм±10%	1	
R16	МЛТ-0,5-(420...720) Ом±5%	1	»
R17, R18	1,33±0,013 кОм, провод ПЭМС 0,05	2	
R19	МЛТ-0,5-560 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 1,16±0,0116 МОм
R20	МЛТ-0,5-56 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 112±1,12 кОм
R21	МЛТ-0,5-5,6 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 11,11±0,11 кОм
R22	МЛТ-0,5-560 Ом±5%	2	Суммарное сопротивление 1,11±0,011 кОм
R23	МЛТ-0,5-220 Ом±5%	2	Суммарное сопротивление 109±1 Ом
R24	МЛТ-0,5-30 кОм±5% МЛТ-0,5-27 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 56,2±0,288 кОм

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
[illegible]	МЛТ-0,5-91 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 187,5±0,933 кОм
R26	МЛТ-0,5-180 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 375±1,8 кОм
R27	МЛТ-0,5-330 кОм±5% МЛТ-0,5-300 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 625±3.122 кОм
R28	МЛТ-0,5-620 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 1,25±0,005 МОм
R29	МЛТ-0,5-1,2 МОм±5% МЛТ-0,5-1,3 МОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 2,5±0,025 МОм
R30	МЛТ-0,5-3,6 МОм±5% МЛТ-0,5-3,9 МОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 7,5±0,0375 МОм
R31	МЛТ-0,5-3,6 МОм±5% МЛТ-1,0-9,1 МОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 12.5±0.0625 МОм
R32	МЛТ-1,0-6,8 МОм±5% МЛТ-1,0-9,1 МОм±5%	1 2	Суммарное сопротивление 25±0,125 МОм
R33	8,33±0,04 Ом, ПЭМС 0,3	1	
R34	МЛТ-0,5-3,9 кОм±5% МЛТ-0,5-4,3 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 8,33±0,04 кОм
R35	МЛТ-0,5-7,5 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 15±0,075 кОм
R36	МЛТ-0,5-12 кОм±5% МЛТ-0,5-13 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 25±0,125 кОм
R37	МЛТ-0,5-20 кОм±5% МЛТ-0,5-30 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 50±0,25 кОм
R38	МЛТ-0,5-51 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 100±0.5 кОм
R39	МЛТ-0,5-150 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 300±1,5 кОм
R40	МЛТ-0,5-200 кОм±5% МЛТ-0,5-300 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 500±2.5 кОм
R41	МЛТ-0,5-510 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 1±0,005 МОм
R42	МЛТ-0,5-3,3 кОм±5% МЛТ-0,5-3,6 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 6,8±0,034 кОм
R43	МЛТ-0,5-130 кОм±5% МЛТ-0,5-150 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 280±2,8 кОм
R44	МЛТ-0,5-150 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 300±3 кОм
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9М
	Конденсаторы		
C1	КТ-2б-М47-3-16 пФ	1	
C2	КТ-2б-М700-3-62 пФ	1	

Комбинированный прибор Ц4315

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 25—28 и на рис. 54—58.

Таблица 25. **Конечные значения шкал постоянного напряжения, тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
1000	2,5 А	0,3
500	0,5 А	0,24
250	0,1 А	0,21
100	25 мА	0,21
25	5 мА	0,2
10	1 мА	0,19
5	0,5 мА	0,19
2,5	100 мкА	0,13
1	50 мкА	0,075
0,075		

Примечания: 1. Основная погрешность ±2,5%. 2. Ток полного отклонения 50 мкА.

Таблица 26. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1000	0,5	45...60	45...200
500	0,5	45...60	45...200
250	0,5	45...200	45...1000
100	0,5	45...200	45...1000
25	0,5	45...2000	45...10 000
10	0,5	45...5000	45...20 000
5	0,5	45...5000	45...20 000
2,5	1	45...5000	45...20 000
1	2,5	45...4000	45...10 000

Примечание. Основная погрешность ±4%.

Таблица 27. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток	2,5 А	0,5 А	0,1 А	25 мА	5 мА	1 мА	0,5 мА
Падение напряжения, В	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8

Примечания: 1. Основная погрешность ±4%. 2. Номинальная частотная область 45...4000 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...10 000 Гц

Таблица 28. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Потребляемый ток, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	300 Ом	9,5	3,7...4,7	59	±2,5
kΩ×1	5 кОм	9,5	3,7...4,7	79	±2,5
kΩ×10	50 кОм	0,95	3,7...4,7	79	±2,5
kΩ×100	500 кОм	0,095	3,7...4,7	79	±2,5
kΩ×1000	5000 кОм	0,095	33...43	79	±2,5
pF×100	30000 пФ	0,29	190...245 50 Гц	59	±2,5
μF×0,1	0,5 мкФ	0,29	190...245 50 Гц	79	±4
dB	−15...2	0,5	—	54	±4

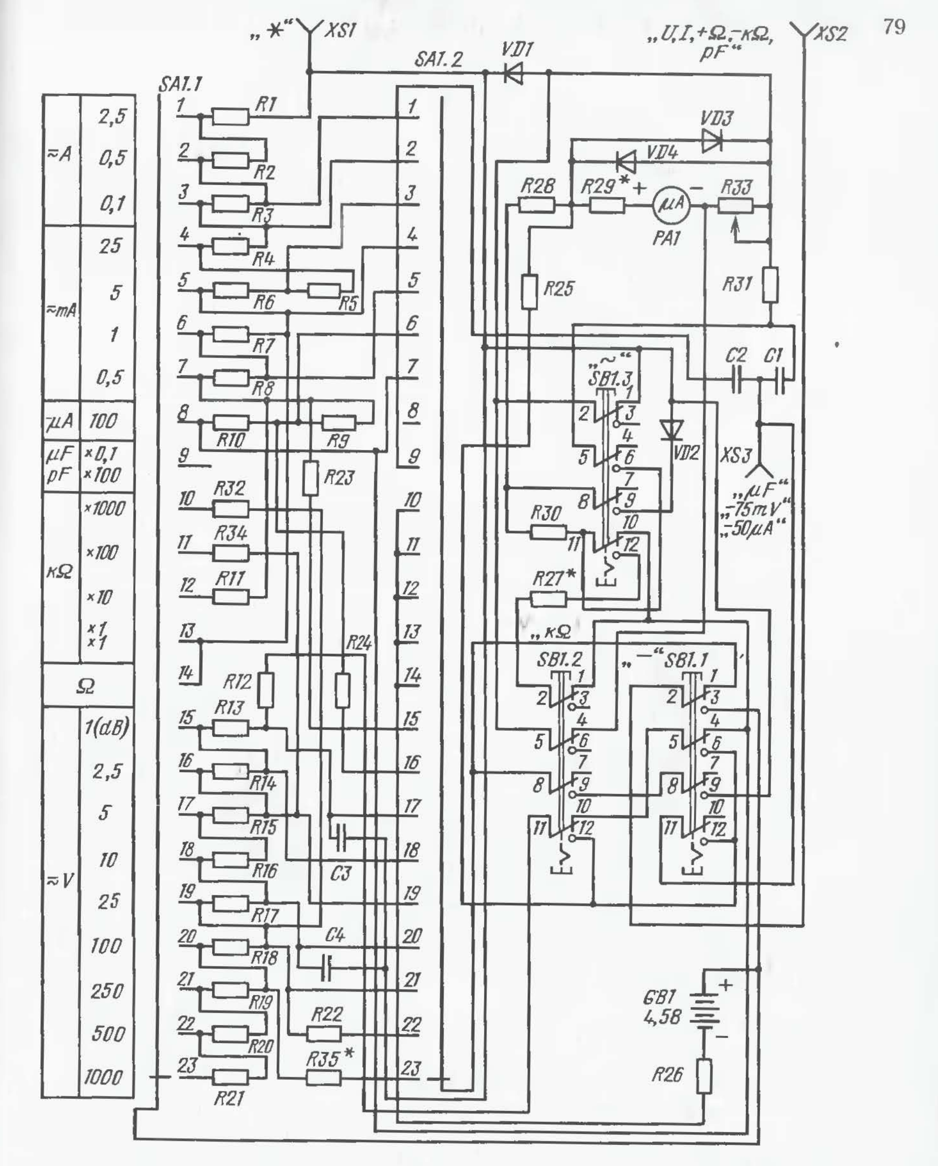


Рис. 54. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1)

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного и 2 кОм/В переменного напряжений. Прибор выпускается в модификациях: Ц4315 — для работы при температуре окружающего воздуха −10...+40° С и относительной влажности до 80% и Ц4315Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха −5...+45° С и относительной влажности до 95%.

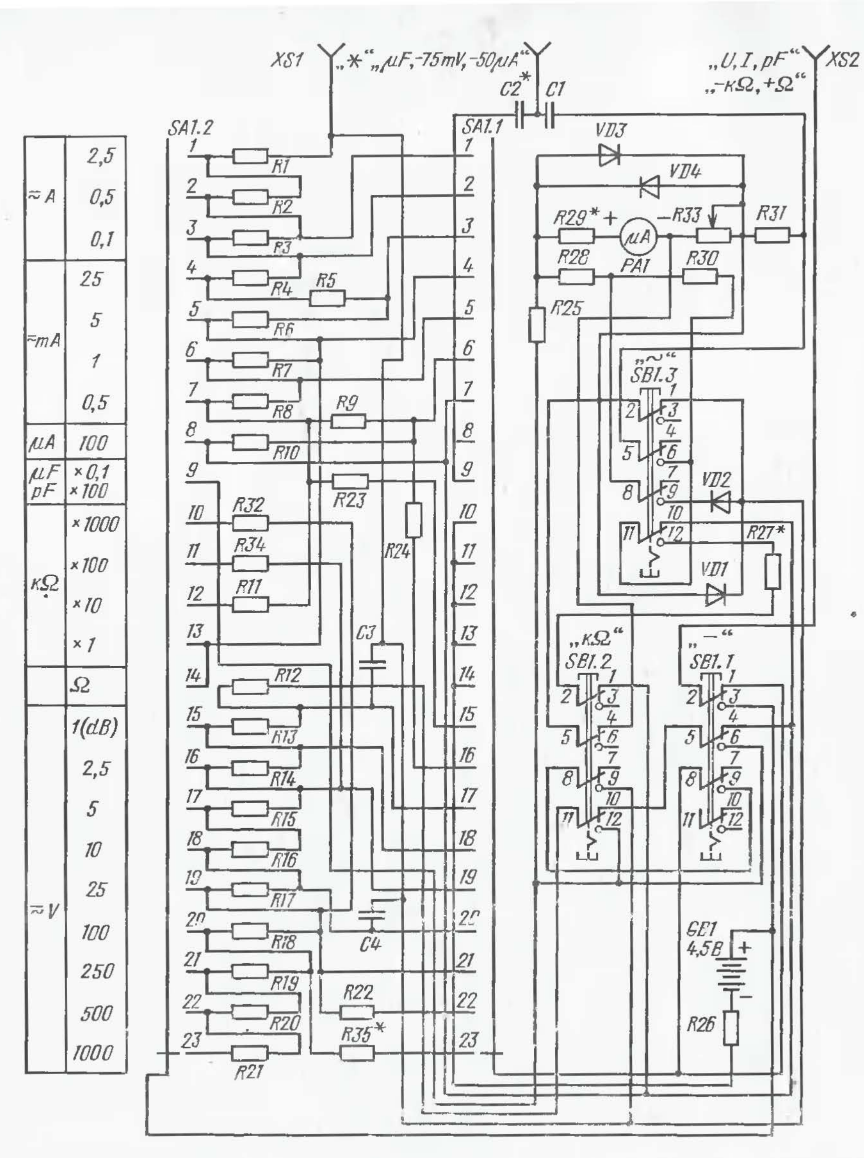


Рис. 55. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2)

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,25 при натяжении 40±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление рамки — не более 635 Ом; она содержит 370...460 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Для питания прибора Ц4315 использована батарея 3336, для Ц4315Т — 3336Т.

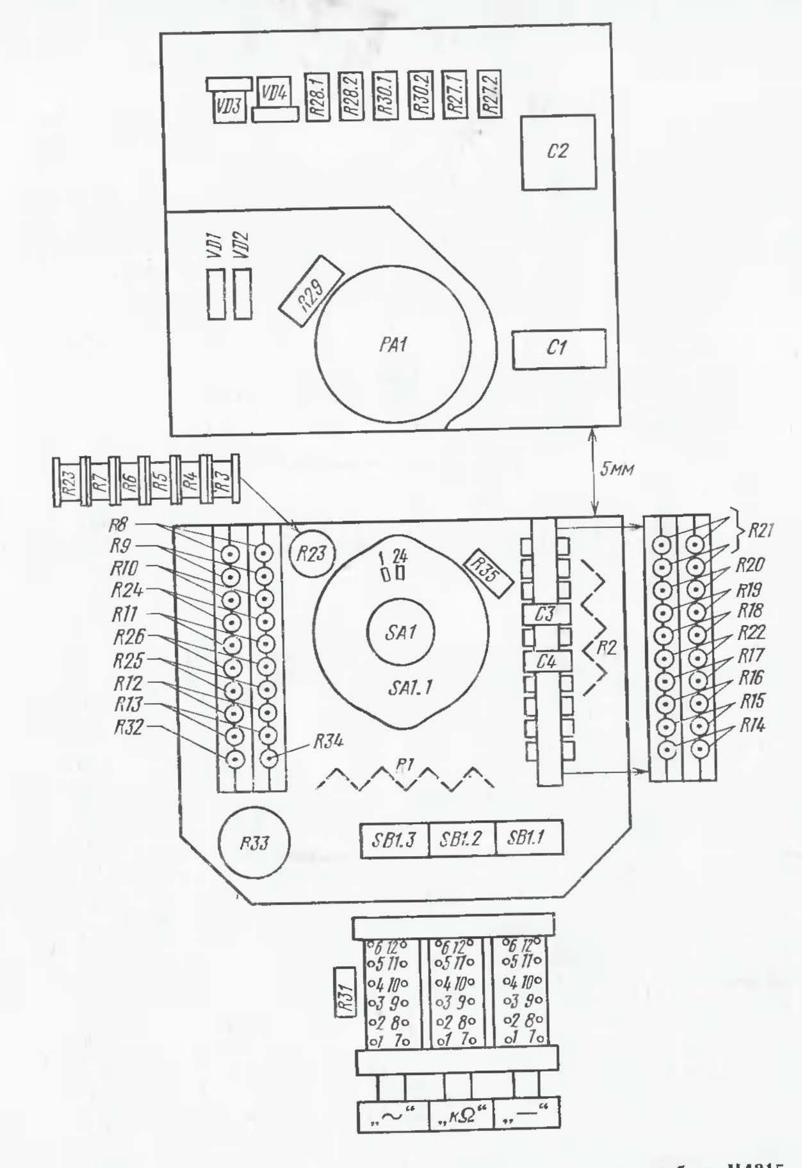


Рис. 56. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4315

Рис. 57. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1) (стр. 82)

Рис. 58. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2) (стр. 83)

Пределы			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27*	R28	R29*	R30	R31	R32	R33	R34	R35*	SA1.1	SA1.2	„–“ SB1.1 1-2	2-3	4-5	5-6	8-9	11-12	„kΩ“ SB1.2 1-2	4-5	8-9	10-11	11-12	„~“ SB1.3 1-2	5-6	8-9	10-11	11-12	VD1, VD2	GB1	C1	C2	C3	C4
			Элементы																																																									
V	„–“	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×			o	×	o						23			×		×				×		×		×			o							
		500	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×	×	×					×			o	×	o						22			×		×				×		×		×			o							
		250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×	×						×			o	×	o						21			×		×				×		×		×			o							
		100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×							×			o	×	o						20			×		×				×		×		×			o							
		25	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×								×			o	×	o						19			×		×				×		×		×			o							
		10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×									×			o	×	o						18			×		×				×		×		×			o							
		5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×										×			o	×	o						17			×		×				×		×		×			o							
		2,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×											×			o	×	o						16			×		×				×		×		×			o							
		1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×												×			o	×	o						15			×		×				×		×		×			o							
	„~“	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×				×		23	×		×				×	×		×			×	×		×	×				o	
		500	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×					×					×	×	×	×	×						22	×		×				×	×		×			×	×		×	×				o	
		250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×						21	×		×				×	×		×			×	×		×	×				o	
		100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×											×	×	×	×	×						20	×		×				×	×		×			×	×		×	×				⊙	⊙
		25	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	⊙	⊙											×	×	×	×	×						19	×		×				×	×		×			×	×		×	×				⊙	⊙
		10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	⊙	⊙	⊙											×	×	×	×	×						18	×		×				×	×		×			×	×		×	×				⊙	⊙
		5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	⊙	⊙	o	⊙											×	×	×	×	×						17	×		×				×	×		×			×	×		×	×				⊙	⊙
		2,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×														×			×	×	×	×	×						16	×						×	×					×	×		×	×					
		1(dB)	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×													×				×	×	×	×	×						15	×						×	×					×	×		×	×					
„–“	A	2,5	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×																		×	×	×						1			+						×				×			×							
		0,5	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																		×	×	×						2			+						×				×			×							
		0,1	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×																		×	×	×						3			+						×				×			×							
	mA	25	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×																		×	×	×						4			+						×				×			×							
		5	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																		×	×	×						5			+						×				×			×							
		1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×																		×	×	×						6			+						×				×			×							
		0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×																		×	×	×						7			+						×				×			×							
	μA	100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																		×	×	×						8			+						×				×			×							
		50	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o															×			o	×	o						9							×		×				×			o							
„~“	A	2,5	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																	×	×	×	×	×						1	+						×	×					×	×		×	×					
		0,5	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×																	×	×	×	×	×						2	+						×	×					×	×		×	×					
		0,1	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×																	×	×	×	×	×						3	+						×	×					×	×		×	×					
	mA	25	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																	×	×	×	×	×						4	+						×	×					×	×		×	×					
		5	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×																	×	×	×	×	×						5	+						×	×					×	×		×	×					
		1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×																	×	×	×	×	×						6	+						×	×					×	×		×	×					
		0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																	×	×	×	×	×						7	+						×	×					×	×		×	×					
„r_x“	kΩ	×1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×								×	×		o	×	o		×	×			10	10	×										×	×				o		×				
		×100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×											×	×		o	×	o			×	×		11	11	×										×	×				o		×				
		×10	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	+															+		×	×	×			×			12	12	+											×			×			+				
		×1	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																+		×	×	×			×			13	13	+											×			×			+				
	Ω		+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																+		×	×	×			×			14	14		×			+				+			×			×			+				
„C_x“	μF	×0,1																												×	×	×	×		×				9	×												×	×		×	×		×	×		
	pF	×100																												×	×	×	×		×				9	×												×	×		×	×		×	×		

Пределы			1	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27*	R28	R29*	R30	R31	R32	R33	R34	R35*	VD1, VD2	GB1	C1	C2	C3	C4	SA1.1	SA1.2	SB1.1 1-2	2-3	4-5	5-6	8-9	SB1.2 1-2	4-5	8-9	10-11	11-12	SB1.3 1-2	5-6	8-9	10-11	11-12
				Элементы																																																								
V	„–“	1000	2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×			o	×	o												23			×		×			×		×		×			o	
		500	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×	×	×					×			o	×	o												22			×		×			×		×		×			o	
		250	4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×	×						×			o	×	o												21			×		×			×		×		×			o	
		100	5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×							×			o	×	o												20			×		×			×		×		×			o	
		25	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×								×			o	×	o												19			×		×			×		×		×			o	
		10	7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×									×			o	×	o												18			×		×			×		×		×			o	
		5	8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×										×			o	×	o												17			×		×			×		×		×			o	
		2,5	9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×											×			o	×	o												16			×		×			×		×		×			o	
		1	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×												×			o	×	o												15			×		×			×		×		×			o	
	„~“	1000	11	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×				×	×				⊙			23	×		×			×	×		×			×	×		×
		500	12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×					×					×	×	×	×	×					×				⊙			22	×		×			×	×		×			×	×		×
		250	13	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×					×				⊙			21	×		×			×	×		×			×	×		×
		100	14	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×											×	×	×	×	×					×				⊙			20	×		×			×	×		×			×	×		×
		25	15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	⊙	⊙											×	×	×	×	×					×				⊙	⊙		19	×		×			×	×		×			×	×		×
		10	16	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	⊙	⊙	⊙											×	×	×	×	×					×				⊙	⊙		18	×		×			×	×		×			×	×		×
		5	17	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	⊙	⊙	⊙	⊙											×	×	×	×	×					×				⊙	⊙		17	×		×			×	×		×			×	×		×
		2,5	18	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×														×			×	×	×	×	×					×							16	×						×					×	×		×
		1(dB)	19	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×													×				×	×	×	×	×					×							15	×						×					×	×		×
„–“	A	2,5	20	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×																		×	×	×												1			×					×				×			×	
		0,5	21	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																		×	×	×												2			×					×				×			×	
		0,1	22	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×																		×	×	×												3			×					×				×			×	
	mA	25	23	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×																		×	×	×												4			×					×				×			×	
		5	24	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																		×	×	×												5			×					×				×			×	
		1	25	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×																		×	×	×												6			×					×				×			×	
		0,5	26	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×																		×	×	×												7			×					×				×			×	
	μA	100	27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																		×	×	×												8			×					×				×			×	
„~“	A	2,5	28	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																	×	×	×	×	×					×							1	×					×	×					×	×		×
		0,5	29	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×																	×	×	×	×	×					×							2	×					×	×					×	×		×
		0,1	30	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×																	×	×	×	×	×					×							3	×					×	×					×	×		×
	mA	25	31	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																	×	×	×	×	×					×							4	×					×	×					×	×		×
		5	32	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×																	×	×	×	×	×					×							5	×					×	×					×	×		×
		1	33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×																	×	×	×	×	×					×							6	×					×	×					×	×		×
		0,5	34	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																	×	×	×	×	×					×							7	×					×	×					×	×		×
„r_x“	kΩ	×1000	35	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×								×	×		o	×	o		+	×				×					10	10	×									×	×			o	
		×100	36	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×											×	×		o	×	o			×	+			×					11	11	×									×	×			o	
		×10	37	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	+															×		×	×	×			×				+					12	12	+										×			×	
		×1	38	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																×		×	×	×			×				+					13	13	+										×			×	
	Ω		39	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																×		×	×	×			×				+					14	14		×			+			+			×			×	
„C_x“	μF	×0,1	40																												×	×	×	×		×			×		×	×			9	9	×											×	×		
	pF	×100	41																												×	×	×	×		×			×		×	×			9	9	×											×	×		

При изменении уровня передачи переменного напряжения на других пределах, кроме 1 В, к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавлять поправочные числа, указанные в табл. 29.

Таблица 29. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	1	2,5	5	10	25	100	250	500	1000
Поправочное число, дБ	0	+8	+14	+20	+28	+40	+48	+54	+60

Сопротивление всех резисторов, за исключением R27 и R29, должно соответствовать указанному в перечне элементов к электрической принципиальной схеме прибора (табл. 30).

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R29 = \{[706 + 0{,}004\,(t - t_н)\,R_и] \pm 3\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °C, $t_н$ — температура, соответствующая нормальным условиям, °C.

Резистором R27 подгоняют показания прибора на переменном токе.

Таблица 30. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4315**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	0,08±0,0002 Ом провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R2	0,32±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	1,6±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	6±0,018 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R5	2±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R6	30±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R7	150±0,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R8	МЛТ-0,5-100 Ом±10%	2	Суммарное сопротивление 200±1 Ом
R9	МЛТ-0,5-300 Ом±5%	2	Суммарное сопротивление 600±3 Ом
R10	МЛТ-0,5-430 Ом±5% МЛТ-0,5-560 Ом±5%	1 1	Суммарное сопротивление 1000±5 Ом
R11	МЛТ-0,5-2,4 кОм±5% МЛТ-0,5-4,3 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 4440±22 Ом
R12	МЛТ-0,5-4,3 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 8570±42 Ом
R13	МЛТ-0,5-4,3 кОм±5% МЛТ-0,5-5,6 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 9970±50 Ом
R14	МЛТ-0,5-15 кОм±10%	2	Суммарное сопротивление 30±0,15 кОм
R15	МЛТ-0,5-20 кОм±5% МЛТ-0,5-30 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 50±0,25 кОм
R16	МЛТ-0,5-43 кОм±5% МЛТ-0,5-56 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 100±0,5 кОм

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R17	МЛТ-0,5-150 кОм±10%	2	Суммарное сопротивление 300±1,5 кОм
R18	МЛТ-0,5-750 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 1500±7,5 кОм
R19	МЛТ-0,5-1,5 МОм±10%	2	Суммарное сопротивление 3000±15 кОм
R20	МЛТ-0,5-2 МОм±5% МЛТ-0,5-3 МОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 5±0,025 МОм
R21	МЛТ-0,5-2 МОм±5% МЛТ-0,5-3 МОм±5	2 2	Суммарное сопротивление 10±0,05 МОм
R22	МЛТ-0,5-200 кОм±5% МЛТ-0,5-300 кОм±5%	1 1	Суммарное сопротивление 500±2,5 кОм
R23	24±0,1 Ом, ПЭМС 0,2	1	Допускается замена на МЛТ-0,5-24 Ом±5%
R24	МЛТ-0,5-820 Ом±10%	2	Суммарное сопротивление 1650±8 Ом
R25	МЛТ-0,5-430 ОМ±5% МЛТ-0,5-470 Ом±5%	1 1	Суммарное сопротивление 900±5 Ом
R26	МЛТ-0,5-270 Ом±5% МЛТ-0,5-220 Ом±10%	1 1	Суммарное сопротивление 490±2 Ом
R27 *	МЛТ-0,5-(1...3) кОм±5%	1	
R28	МЛТ-0,5-1,5 кОм±10%	2	Суммарное сопротивление 760±3,5 Ом
R29	До 260 Ом ПЭМС-0,1	1	
R30	МЛТ-0,5-620 Ом±5%	2	Суммарное сопротивление 1240±4 Ом
R31	МЛТ-0,5-1,2 кОм±5%	1	
R32	МЛТ-0,5-30 кОм±10%	1	
R33	СП3-9а-6,8 кОм±20%	1	
R34	МЛТ-0,5-1,2 кОм±10%	1	
R35	МЛТ-0,5-(22...33) кОм±5%	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9А, Д9Д
VD3, VD4	Д103М	2	Допускается замена на Д104, Д108
	Конденсаторы		
C1	КБГ-И-200-0,05±5%	1	
C2	КСО-6-500-Б-3900±5%	1	
C3	КСО-1-250-330±5%	1	
C4	КСО-1-250-100±5%	1	

Комбинированный прибор Ц4323 (Ц4323Т)

Прибор со встроенным генератором предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и определения работоспособности трактов усиления радиотехнических устройств.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 31—33 и на рис. 59—61.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 20 кОм/В. Рабочая температура 10...35° С, относительная влажность до 80% (при температуре 30° С), для тропического исполнения (Ц4323Т) рабочая температура —5...45° С, относительная влажность 95% (при температуре 35° С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА, сопротивление рамки 1600±200 Ом.

Коэффициент модуляции напряжения на выходе «Пч» (промежуточная частота) прибора частотой 465 кГц — не менее 20...90%.

Изменением сопротивления резистора R1 прибор регулируют на постоянном токе, а резистора R3 — на переменном. Сопротивление остальных резисторов должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 34).

Таблица 31. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5; 0,5 В	Постоянный	50	—
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В	Переменный	50	—
500; 50; 0,5; 0,05 мА	Постоянный	—	1,2
0,05 мА	Переменный	—	2,6

Примечание. Основная погрешность встроенного ампервольтметра определяется при нормальных условиях и не превышает ±5% значения предела измерения.

Таблица 32. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000; 500; 250 В	45...400	45...1000
50 В	45...2000	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...20 000	45...30 000

Таблица 33. **Пределы измерения сопротивлений. Режим генератора**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	0,5 кОм	75	2,7...3,8	65	±5,0
Ω×100	5 кОм	7,5	2,7...3,8		
kΩ×1	50 кОм	0,75	2,7...3,8		
kΩ×10	500 кОм	0,075	2,7...3,8		
НЧ	1 кГц	100	$U_{вых}$=0,5 В	—	±20
ПЧ	465 кГц	100	$U_{вых}$=0,5 В	—	±10

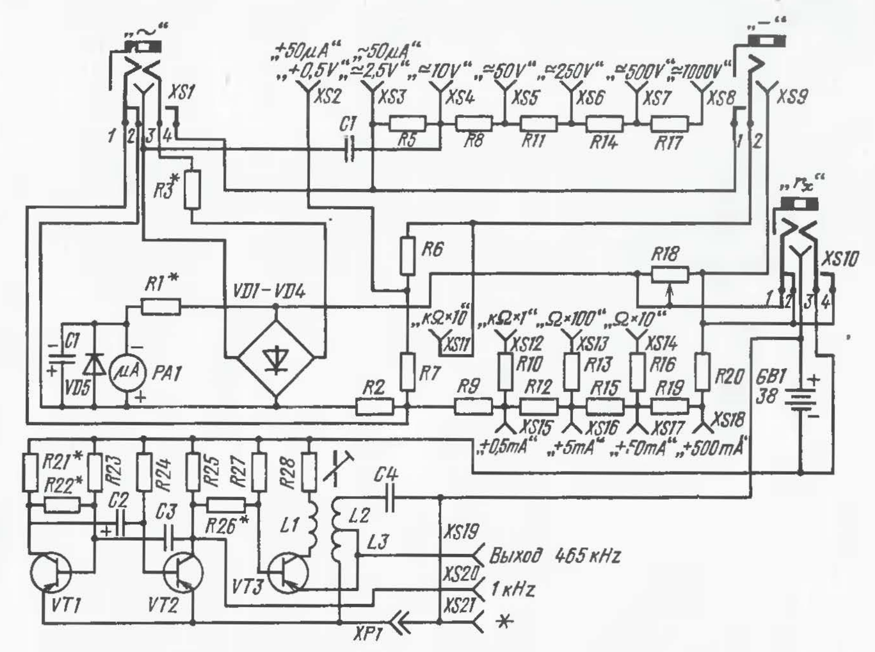


Рис. 59. Схема электрическая прииципиальная комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор С1 может отсутствовать)

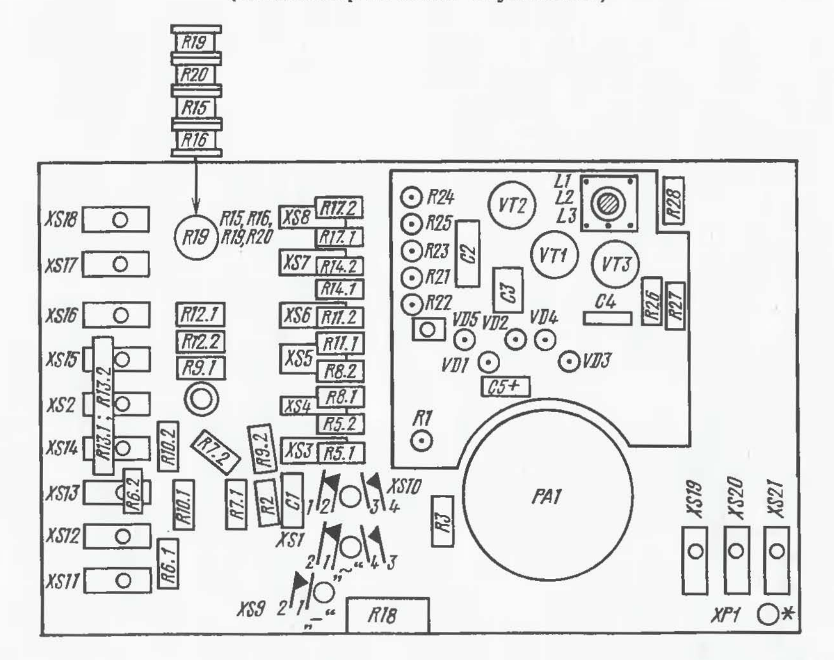


Рис. 60. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор С1 может отсутствовать)

Пределы		Элементы																										
		R1	R2	R3	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	VD1–VD2	GB1	XS1 1–2	XS1 3–4	XS9 1–2	XS10 1–2	XS10 3–4	C1
Напряжение, V, „—"	1000	×			×	×	×	×	○		×	○		×	○		×		○	○			×		×	×		
	500	×			×	×	×	×	○		×	○		×	○				○	○			×		×	×		
	250	×			×	×	×	×	○		×	○			○				○	○			×		×	×		
	50	×			×	×	×	×	○			○			○				○	○			×		×	×		
	10	×			×	×	×		○			○			○				○	○			×		×	×		
	2,5	×				×	×		○			○			○				○	○			×		×	×		
	0,5	×					×		○			○			○				○	○			×		×	×		
Напряжение, V, „~"	1000	×	○	×	×			×	○		×	○		×	○		×		○	○	×			×		○		○
	500	×	○	×	×			×	○		×	○		×	○				○	○	×			×		○		○
	250	×	○	×	×			×	○		×	○			○				○	○	×			×		○		⊙
	50	×	○	×	×			×	○			○			○				○	○	×			×		○		○
	10	×	○	×	×				○			○			○				○	○	×			×		○		○
	2,5	×	○	×	○				○			○			○				○	○	×			×		○		⊙
Ток, mA, „—"	500	×							×			×			×				×	+			×			×		
	50	×							×			×			×				+	+			×			×		
	5	×							×			×			+				+	+			×			×		
	0,5	×							×			+			+				+	+			×			×		
	0,05	×					×		○			○			○				○	○			×			×		
Ток, mA, „~"	0,05	×	○	×	⊙				○			○			○				○	○	×			×		○		⊙
kΩ	×10	×				+	+		+			+			+			×	+	+			×				+	
	×1	×							×	+		+			+			×	+	+			×				+	
Ω	×100	×							×			×	+		+			×	+	+		+	×				+	
	×10	×							×			×			×	+		×	+	+		+	×				+	

Рис. 61. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

Таблица 34. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4323**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1*	МЛТ-0,5-2,4 кОм±5%	1	
R2	МЛТ-0,5-20 кОм±5%	1	
R3*	МЛТ-0,5-20 кОм±5%	1	
R5	МЛТ-0,5-75 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 150±1,5 кОм
R6	МЛТ-0,5-20 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 40±0,4 кОм
R7	МЛТ-0,5-3 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 6±0,06 кОм
R8	МЛТ-0,5-560 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 800±8 кОм
	МЛТ-0,5-240 кОм±5%	1	
R9	МЛТ-0,5-15 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 18±0,18 кОм
	МЛТ-0,5-3 кОм±5%	1	
R10	МЛТ-0,5-3 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 3,39±0,034 кОм
	МЛТ-0,5-390 Ом±5%	1	
R11	МЛТ-0,5-2 МОм±5%	2	Суммарное сопротивление 4±0,04 МОм
R12	МЛТ-0,5-1,5 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 1,8±0,018 кОм
	МЛТ-0,5-300 Ом±5%	1	
R13	МЛТ-0,5-300 Ом±5%	1	Суммарное сопротивление 324±3,2 Ом
	МЛТ-0,5-24 Ом±5%	1	
R14	МЛТ-0,5-3 МОм±5%	1	Суммарное сопротивление 5±0,05 МОм
	МЛТ-0,5-2 МОм±5%	1	
R15	180±1,8 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R16	30±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R17	МЛТ-0,5-8,2 МОм±5%	1	Суммарное сопротивление 10±0,1 МОм
	МЛТ-0,5-1,8 МОм±5%	1	
R18	СП3-3гМ-15-22 кОм±20%	1	
R19	18±0,18 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R20	2±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R21*	МЛТ-0,5-10 кОм±10%	1	
R22*	МЛТ-0,5-10 кОм±10%	1	
R23	МЛТ-0,5-10 кОм±10%	1	
R24	МЛТ-0,5-2-кОм±10%	1	
R25	МЛТ-0,5-33 Ом±10%	1	
R26*	МЛТ-0,5-20 кОм±10%	1	
R27	МЛТ-0,5-22 кОм±10%	1	
R28	80±3 Ом ПЭМС 0,1	1	
	Конденсаторы		
C1	КД—10 пФ	1	Применяется при необходимости
C2	К50-9-2,0 мкФ±10%	1	
C3	К74-0,15 мкФ±10%	1	
C4	КСО-1-270 пФ±10%	1	
C5	К50-9-10,0 мкФ±10%	1	
	Индуктивности		
L1	50 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
L2	140 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
L3	35 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
	Диоды		
VD1—VD5	КД521Г	5	
	Транзисторы		
VT1, VT2	П41	2	Замена на МП15
VT3	П403	1	Замена на П401, П402, П416

Комбинированный прибор Ц4324

Прибор Ц4324 предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня напряжения. Технические характеристики, принципиальная элект-

рическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 35—37 и на рис. 62—64.

Таблица 35. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1200; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,6 В	Постоянный	50	—	±2,5
900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В	Переменный	250	—	±4
3000; 600; 60; 6; 0,6 мА; 60 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
3000; 300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,0	±4

Таблица 36. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900, 600, 300 В	45...60	45...100
150 В	45...100	45...500
60 В	45...1000	45...2000
15 В	45...5000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...10 000	45...20 000

Таблица 37. **Пределы измерения сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	0,2 кОм	7	3,2...4	48	±2,5
kΩ×1	5 кОм	7	3,2...4	52	
kΩ×10	50 кОм	0,7	3,2...4	52	
kΩ×100	500 кОм	0,07	3,2...4	52	
kΩ×1000	5000 кОм	0,07	32...40	52	
dB	−10...±12	0,25	—	45	±4

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Рабочая температура −10... +40° С, относительная влажность до 80% (при температуре 30° С), для тропического варианта (Ц4324Т) −5 ... +45° С, относительная влажность до 95% (при температуре 35° С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,32 при натяжении 65±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток отклонения 37,5 мкА. Сопротивление рамки 600±120 Ом; она содержит 600±50 витков провода ПЭВ-1 0,03.

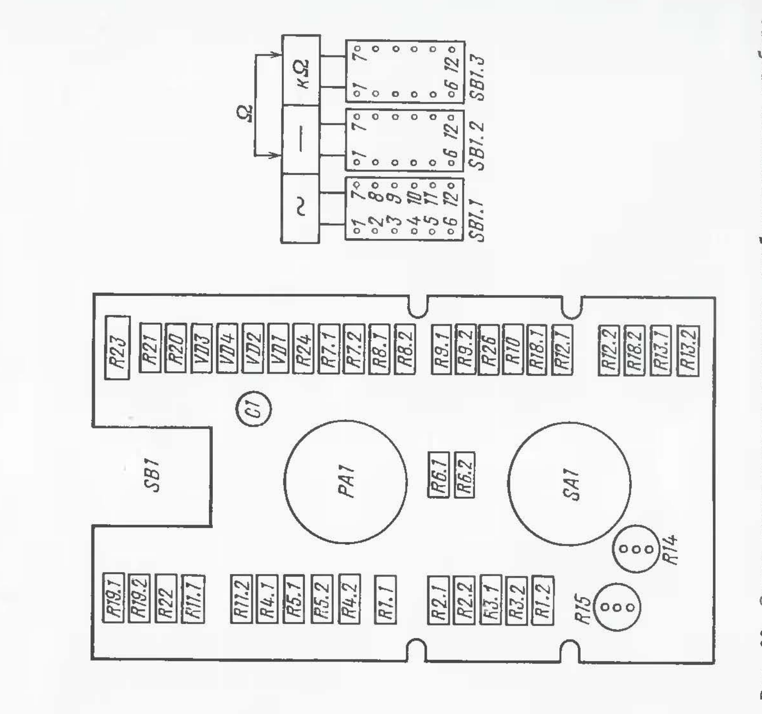


Рис. 63. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4324. (Резистор R27 подпаян непосредственно к переключателю пределов измерений)

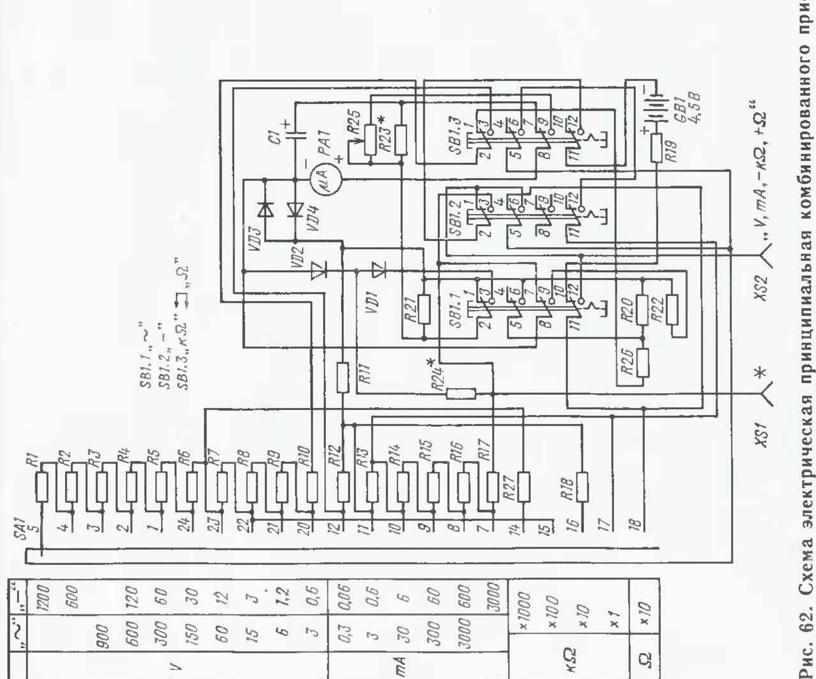


Рис. 62. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4324

Рис. 64. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4324

Напряжение встроенного источника питания 3,2...4 В. В приборе использована батарея из трех аккумуляторов Д-0,1. При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить число, указанное в табл. 38. Сопротивление всех резисторов, кроме R24 и R23, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 39).

Таблица 38. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения	3	6	15	60	150	300	600	900
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+26	+34	+40	+46	+50

Таблица 39. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4324**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-6,8 МОм ±5%	1	Суммарное сопротивление 12±0,06 МОм
	МЛТ-0,5-5,1 МОм ±5%	1	
R2	МЛТ-0,5-4,7 Мом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5%	1	8,4±0,042 МОм
R3	МЛТ-0,5-680 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
	МЛТ-0,5-510 кОм ±5%	1	
R4	МЛТ-0,5-680 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
	МЛТ-0,5-510 кОм ±5%		
R5	МЛТ-0,5-300 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 600±3 кОм
R6	МЛТ-0,5-180 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 360±1,8 кОм
R7	МЛТ-0,5-91 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 180±0,9 кОм
R8	МЛТ-0,5-18 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 36±0,18 кОм
R9	МЛТ-0,5-6,8 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление 12±0,06 кОм
	МЛТ-0,5-5,1 кОм ±5%	1	
R10	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление с R26 10,5±0,05 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-300 Ом ±5%		500±2,5 Ом
R12	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 2,25±0,0115 кОм
R13	МЛТ-0,5-100 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление 225±1 Ом
	МЛТ-0,5-120 Ом ±5%	1	
R14	22,5±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R15	2,25±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R16	0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1,2	1	Шунт
R17	0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12-1,5	1	»

Позиционное обозначение	Нименование	Число, шт.	Примечание
R18	МЛТ-0,5-2,4 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 4,56±0,03 кОм
	МЛТ-0,5-2,2 кОм±5%		
R19	МЛТ-0,5-270 Ом±5%	1	Суммарное сопротивление 500±2,45 Ом
	МЛТ-0,5-240 Ом±5%	1	
R20	МЛТ-0,5-750 Ом±5%	1	
R21	МЛТ-0,5-1 кОм±5%	1	
R22	МЛТ-0,5-1 кОм±5%	1	
R23	ВС-0,125а-(110...430) Ом±10%	1	Суммарное сопротивление с $R_и$ 1000±6 Ом при t=20° С
R24	МЛТ-0,5-(1...2) кОм±5%	1	Подбирается при регулировке
R25	СП-3-9а-16-2,2 к±20%	1	
R26	МЛТ-0,5-7,5 кОм±5%	1	
R27	МЛТ-0,5-270 кОм±5%	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	Д103	2	Допускается Д220, КД521Г
C1	Конденсатор К50-6-650 мк±20%	1	
GB1	Аккумулятор Д-0,1	3	

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R23 (в омах) определяется по формуле

$$R_и + R23 = \{[1000 + 0{,}004\ (t - 20)\ R_и] \pm 6\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Резистор R24 используют для подгонки прибора на переменном токе.

Комбинированный прибор Ц4325

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...20 000 Гц, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 40—42 и на рис. 65—67.

Таблица 40. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 120; 60; 30; 12; 6; 3; 1,2 В	Постоянный	50	—	±2,5
0,6 В		60		
120 мВ		30		
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6 В	Переменный	250	—	±4
3 В		300		

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
3000; 600; 120; 30; 6; 1,2, 0,3 мА 60; 30 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
3000; 600; 150, 30; 6; 1,5; 0,3 мА	Переменный	—	1	±4

Таблица 41. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...100	45...500
300 В	45...500	45...1000
150 В	45...1000	45...2000
60 В	45...2000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...5000	45...20 000

Таблица 42. **Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения Ω×	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
1	500	41	1,12...1,45	63	±2,5
10	5000	4,1	1,12...1,45		
100	50 000	0,41	1,12...1,45		
1000	500 000	0,041	1,12...1,45		
10 000	5 000 000	0,041	11,25...14,85		
dB	—10...+12	300	—	58	±4

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха —10...+40° С и относительной влажности до 80%.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,28 с натяжением 40±5 Г, с внешним магнитом. Ток полного отклонения 24 мкА, сопротивление рамки 385±55 Ом. Напряжение встроенного элемента питания 332 равно 1,2...1,45 В.

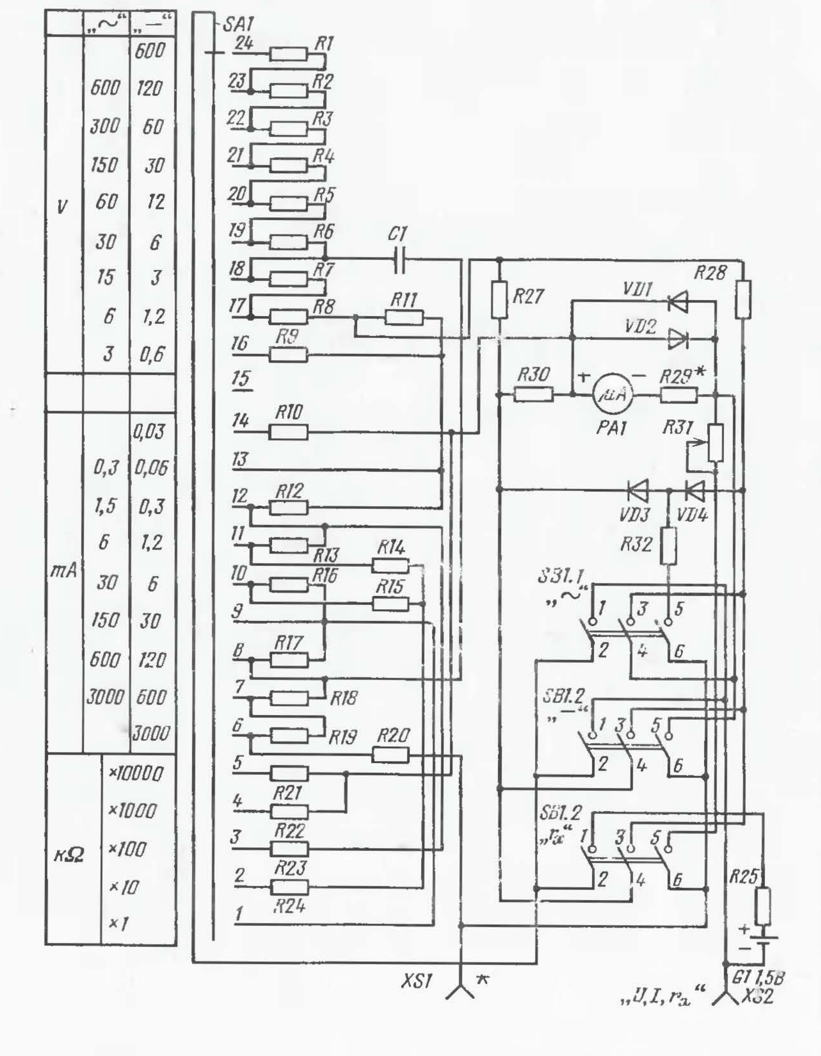


Рис. 65. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4325

При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале "dB" необходимо прибавить числа, указанные в табл. 43.

Таблица 43. **Поправочные числа к пределам измерения**

Предел измерения, В	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+20	+26	+34	+40	+46

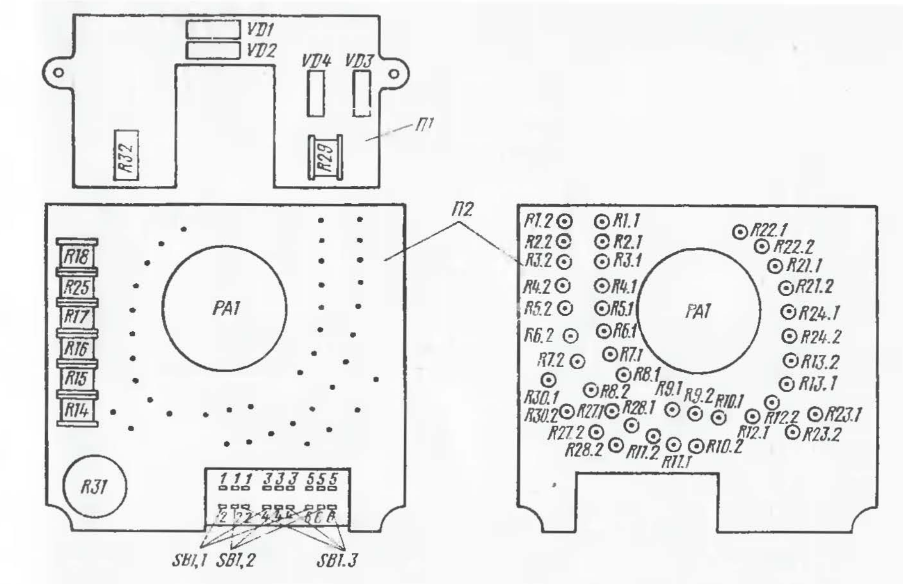


Рис. 66. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4325

Пределы			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R27	R28	R29	R30	R31	R32	VD3, VD4	G1	SA1	SB1.1 1-2	SB1.1 3-4	SB1.1 5-6	SB1.2 1-2	SB1.2 3-4	SB1.2 5-6	SB1.3 1-2	SB1.3 3-4	SB1.3 5-6	G1
V	„–“	600	×	×	×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					24				×	○	×				
		120		×	×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					23				×	○	×				
		60			×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					22				×	○	×				
		30				×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					21				×	○	×				
		12					×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					20				×	○	×				
		6						×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					19				×	○	×				
		3							×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					18				×	○	×				
		1,2								×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					17				×	○	×				
		0,6									×		×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					16				×	○	×				
	„~“	600		×	×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		23	×	×	×							○
		300			×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		22	×	×	×							○
		150				×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		21	×	×	×							○
		60					×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		20	×	×	×							○
		30						×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		19	×	×	×							○
		15							×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		18	×	×	×							○
		6							○	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		17	×	×	×							○
		3(dB)							○	○	×		×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		16	×	×	×							○
mA	„–“	0,03										×																○	○	×	○					14				×	○	×				
		0,06											×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					13				+	○	×				
		0,3											×	×	+	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					12				+	○	×				
		1,2											×	×	×	+	+	+	+	+	+	+						×	○	×	×					11				+	○	×				
		6											×	×	×	×	×	+	+	+	+	+						×	○	×	×					10				+	○	×				
		30											×	×	×	×	×	×	+	+	+	+						×	○	×	×					9				+	○	×				
		120											×	×	×	×	×	×	×	+	+	+						×	○	×	×					8				+	○	×				
		600											×	×	×	×	×	×	×	×	+	+						×	○	×	×					7				+	○	×				
		3000											×	×	×	×	×	×	×	×	×	+						×	○	×	×					6				+	○	×				
	„~“	0,3											×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		13	+	×	×							
		1,5											×	×	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		12	+	×	×							
		6											×	×	×	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		11	+	×	×							
		30											×	×	×	×	×	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		10	+	×	×							
		150											×	×	×	×	×	×	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		9	+	×	×							
		600											×	×	×	×	×	×	×	+	+	+						×	×	×	×		×	×		8	+	×	×							
		3000											×	×	×	×	×	×	×	×	+	+						×	×	×	×		×	×		7	+	×	×							
kΩ		×10000											○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×				×	○	○	×	○	×			×	5							×	○	×	
		×1000											○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		×			×	○	○	×	○	×			×	4							×	○	×	
		×100											×	×	+	+	+	+	+	+	+	+			+		+	×	○	×	×	×			+	3							+	○	×	
		×10											×	×	×	×	+	+	+	+	+	+				+	+	×	○	×	×	×			+	2							+	○	×	
		×1											×	×	×	×	×	×	+	+	+	+					+	×	○	×	×	×			+	1							+	○	×	

Рис. 67. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4325

Сопротивление всех резисторов, кроме R29 и R32, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 44).

Таблица 44. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4325**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-(4,7...5,1) МОм ±5%	1	9,6±0,048 МОм
R2	МЛТ-0,5-680 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-510 кОм ±5%	1	1200±6 кОм
R3	МЛТ-0,5-300 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 600±3 кОм
R4	МЛТ-0,5-180 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 360±1,8 кОм
R5	МЛТ-0,5-68 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-51 кОм ±5%	1	120±0,6 кОм
R6	МЛТ-0,5-30 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 60±0,3 кОм
R7	МЛТ-0,5-18 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 36±0,18 кОм
R8	МЛТ-0,5-11 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-11...12 кОм ±5%	1	22,44±0,11 кОм
R9	МЛТ-0,5-5,1 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5%		8,5±0,042 кОм
R10	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 3±0,015 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-300 Ом ±5%	1	500±2,5 Ом
R12	МЛТ-0,5-1 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 2000±10 Ом
R13	МЛТ-0,5-100 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-270 Ом ±5%	1	375±1,8 Ом
R14	75±0,37 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R15	25±0,12 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R16	20±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R17	3,75±0,018 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R18	1±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R19	0,2±0,001 Ом, провод МиМц-3-12 1	1	Шунт
R20	0,05±0,00025 Ом, провод МиМц-3-12 1	1	»
R21	МЛТ-0,5-200 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 398±3,9 кОм
R22	МЛТ-0,5-18 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-20 кОм ±5%	1	38,2±0,38 кОм
R23	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5%	1	3500±35 Ом
R24	МЛТ-0,5-200 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-110 Ом ±5%	1	315±3,1 Ом
R25	32,0±0,3 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R27	МЛТ-0,5-470 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-620 Ом ±5%	1	1080±5,5 Ом
R28	МЛТ-0,5-470 Ом ±5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-620 Ом ±5%	1	1080±5,5 Ом

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R29	810...920 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R30	МЛТ-0,5-750 Ом ±5%	2	Суммарное сопротивление 1460±7,3 Ом
R31	СП3-9-25-3,3 кОм ±10%	1	
R32	МЛТ-0,5-(1...2) кОм ±5%	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д103	2	Допускается замена на Д103А, Д107, Д108
VD3, VD4	Д9Д	2	Допускается замена на Д9А, Д9М, Д9Е
	Конденсатор		
C1	КД2 М700-3-30 пФ	1	

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R29 = \{[1250 + 0{,}004\,(t-20)\,R_и] \pm 6\},$$

где t — температура, при которой подгоняют прибор, °С.

Резистором R32 подгоняют показания прибора при регулировке прибора на переменном токе.

Комбинированный прибор Ц4326

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения постоянного и переменного токов синусоидальной формы, относительного уровня напряжения переменного тока и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 45—47 и на рис. 68—72.

Таблица 45. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,3 В	Постоянный	50	—	±2,5
900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В	Переменный	250	—	±4
3000; 600; 60; 6; 0,6; 0,06 мА	Постоянный	—	0,5	±2,5
3000; 300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,2	±4

Таблица 46. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600; 300 В	45...60	45...100
150 В	45...100	45...500
60 В	45...1000	45...2000
15 В	45...5000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...10 000	45...20 000

Таблица 47. **Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток, потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	200 Ом	9	1,3...1,7	48	±2,5
kΩ×1	2 кОм	9	1,3...1,7		
kΩ×10	20 кОм	0,9	1,3...1,7	52	±2,5
kΩ×100	200 кОм	0,09	1,3...1,7		
kΩ×1000	2000 кОм	0.09	13...17		
dB	—10...+12	0,25	—	48	±4

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха 10...45° С и относительной влажности до 80% (при температуре 30° С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20М 0,32 при натяжении 6,5±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 37,5 мкА.

Рамка содержит 580...650 витков провода ПЭВ-1 0,03. Напряжение встроенного источника питания равно 1,3—1,5 В.

При измерении относительного переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить числа, указанные в табл. 48.

Таблица 48. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	3	6	15	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+26	+34	+40	+46

Сопротивление всех резисторов, за исключением R23 и R24, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 49).

Таблица 49. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4326**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-3 МОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 6±0,03 МОм
R2	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5% МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 8,4±0,042 МОм
R3	МЛТ-0,5-680 кОм ±5% МЛТ-0,5-510 кОм ±10%	1 1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
R4	МЛТ-0,5-680 кОм ±5% МЛТ-0,5-510 кОм ±10%	1 1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
R5	МЛТ-0,5-300 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 600±3 кОм
R6	МЛТ-0,5-180 кОм ±10%	2	Суммарное сопротивление 360±1,8 кОм
R7	МЛТ-0,5-91 кОм ±10%	2	Суммарное сопротивление 180±0,9 кОм
R8	МЛТ-0,5-18 кОм ±10%	2	Суммарное сопротивление 36±0,18 кОм
R9	МЛТ-0,5-6,8 кОм ±5% МЛТ-0,5-5,1 кОм ±10%	1 1	Суммарное сопротивление 12±0,06 кОм
R10	МЛТ-0,5-6,2 кОм ±5% МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 10,5±0,05 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом ±10% МЛТ-0,3-300 Ом ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 500±2,5 Ом
R12	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±10%	2	Суммарное сопротивление 2250±11 Ом
R13	МЛТ-0,5-100 Ом ±10% МЛТ-0,5-120 Ом ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 225±1,12 Ом
R14	22,5±0,11 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R15	2,25±0,011 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R16	0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1,2	1	Шунт
R17	0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12 1,5	1	»
R18	МЛТ-0,5-820 Ом ±10%	2	Суммарное сопротивление 1660±8,3 Ом
R19	МЛТ-0,5-91 Ом ±10%	2	Суммарное сопротивление 180±0,9 Ом
R20	МЛТ-0,5-750 Ом ±5%	1	
R21, R22	МЛТ-0,5-1 кОм ±10%	2	
R23*	ВС-0,125а-(110...300) Ом	1	
R24*	МЛТ-0,5-(560...1200) Ом ±10%	1	
R25	СП-9а-16—2,2 кОм ±20%	1	Переменный
R26	МЛТ-0,5-10 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 19,4±0,097 кОм
R27	МЛТ-0,5-110 кОм ±10% МЛТ-0,5-100 кОм ±10%	1	Суммарное сопротивление 206±1 кОм
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	КД521Г	2	

Окончание табл. 49

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
C1	*Конденсатор* К5-6-1-6В 50 мкФ	1	

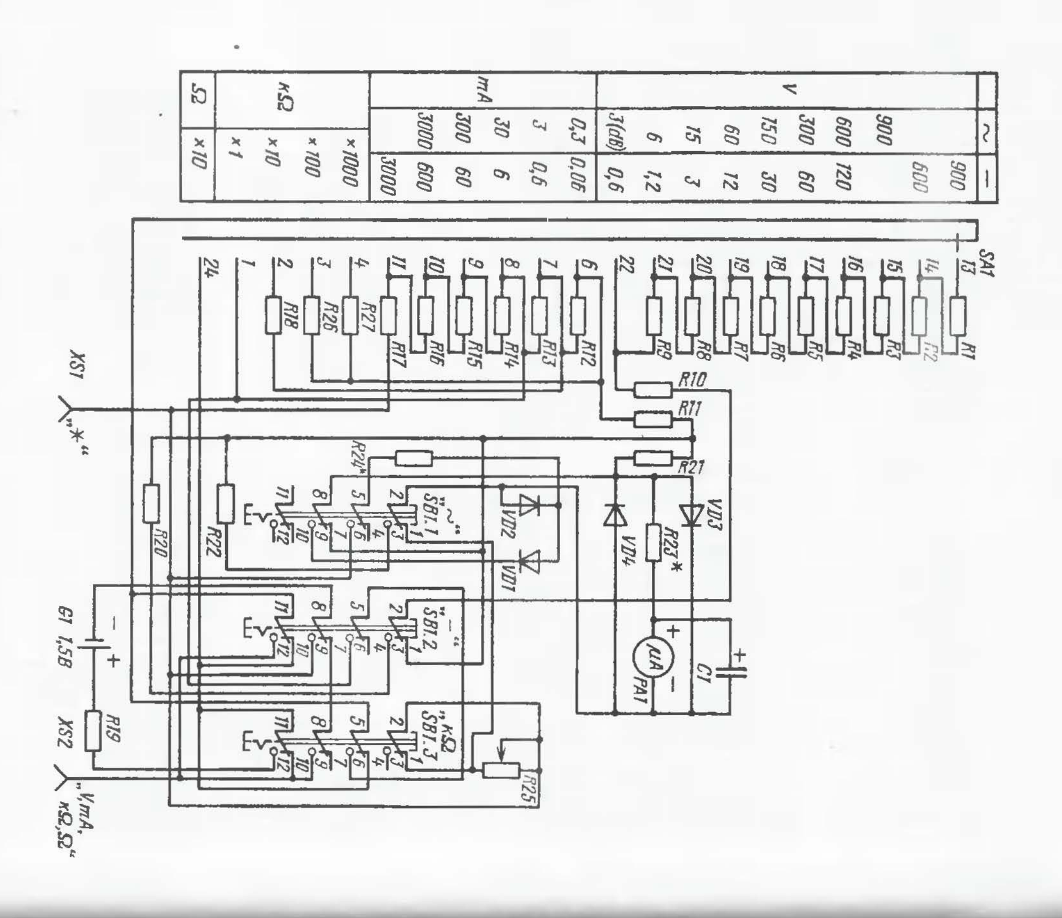


Рис. 68. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 1)

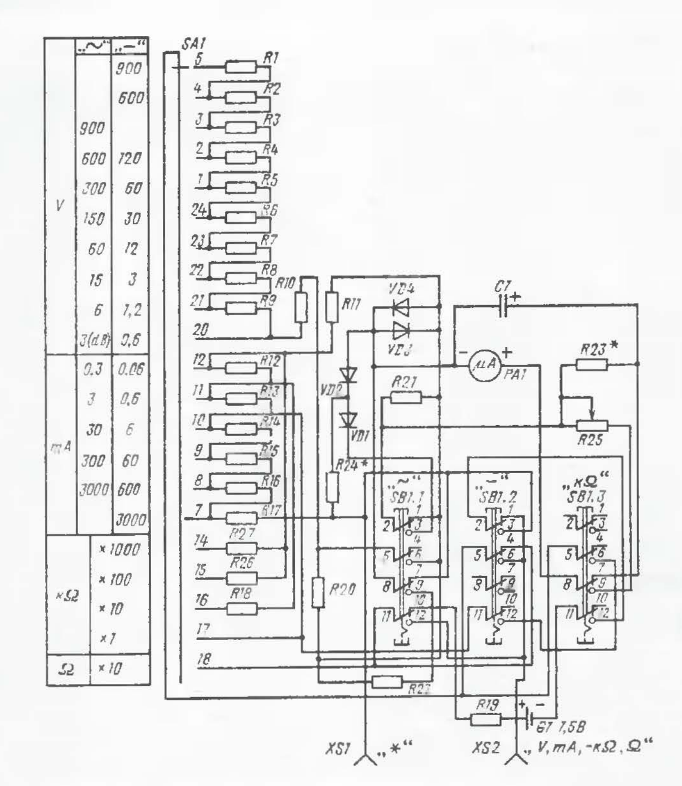


Рис. 69. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

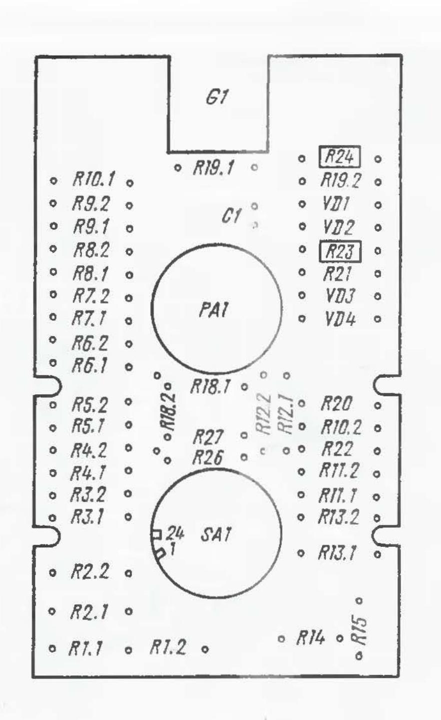


Рис. 70. Схема расположения элементов прибора Ц4326. (Все элементы, за исключением резисторов R23, R24, размещены с обратной стороны платы, резистор R25 закреплен на передней крышке прибора, R16, R17 — резисторы универсального шунта)

Пределы			Элементы																																														
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23, C1	R24	R25	R26	R27	VD1, VD2	GB1	SA1	SB1.1 „~“ 1-2	SB1.1 2-3	SB1.1 5-6	SB1.1 7-8	SB1.1 8-9	SB1.2 „–“ 1-2	SB1.2 2-3	SB1.2 5-6	SB1.2 7-8	SB1.2 8-9	SB1.2 10-11	SB1.2 11-12	SB1.3 „кΩ“ 1-2	SB1.3 2-3	SB1.3 4-5	SB1.3 5-6	SB1.3 8-9	SB1.3 10-11	SB1.3 11-12
V	„–“	900	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							13	×			×			×					×	×						
		600		×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							14	×			×			×					×	×						
		120				×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							16	×			×			×					×	×						
		60					×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							17	×			×			×					×	×						
		30						×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							18	×			×			×					×	×						
		12							×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							19	×			×			×					×	×						
		3								×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							20	×			×			×					×	×						
		1,2									×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							21	×			×			×					×	×						
		0,6										×	o	o	o	o	o	o	o			×			×							22	×			×			×					×	×						
	„~“	900			×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		15		×	×		×	×					×							×	
		600				×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		16		×	×		×	×					×							×	
		300					×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		17		×	×		×	×					×							×	
		150						×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		18		×	×		×	×					×							×	
		60							×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		19		×	×		×	×					×							×	
		15								×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		20		×	×		×	×					×							×	
		6									×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		21		×	×		×	×					×							×	
		3(dB)										×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×		22		×	×		×	×					×							×	
mA	„–“	0,06											×	+	+	+	+	+	+						×							6	×			×								+	×						
		0,6											×	×	+	+	+	+	+						×							7	×			×								+	×						
		6											×	×	+	+	+	+	+						×							8	×			×								+	×						
		60											×	×	×	×	+	+	+						×							9	×			×								+	×						
		600											×	×	×	×	×	+	+						×							10	×			×								+	×						
		3000											×	×	×	×	×	×	+						×							11	×			×								+	×						
	„~“	0,3											×	+	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×		6		×	×		×						+							+	
		3											×	×	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×		7		×	×		×						+							+	
		30											×	×	×	+	+	+	+				×	×	×	×				×		8		×	×		×						+							+	
		300											×	×	×	×	+	+	+				×	×	×	×				×		9		×	×		×						+							+	
		3000											×	×	×	×	×	+	+				×	×	×	×				×		10		×	×		×						+							+	
кΩ		×1000											×	o	o	o	o	o	o		×				×		×		×		×	4	×			×					×		×						×		×
		×100											×	o	o	o	o	o	o		×				×		×	×			×	3	×			×					×		×						×		×
		×10											×	×	+	+	+	+	+	+	+				×		×				+	2	×			×					+		+						+		+
		×1											×	×	×	+	+	+	+		+				×		×				+	1	×			×					+		+						+		+
Ω		×10											×	×	×	+	+	+	+		+				×		×				+	24	×			×				+		+		×				+			+

Рис. 71. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4326 (вариант 1)

Пределы			Элементы																																														
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23, C1	R24	R25	R26	R27	VD1	VD2	G1	SA1	SB1.1 „~“ 1-2	SB1.1 2-3	SB1.1 5-6	SB1.1 7-8	SB1.1 8-9	SB1.1 10-11	SB1.1 11-12	SB1.2 „–“ 1-2	SB1.2 2-3	SB1.2 4-5	SB1.2 5-6	SB1.2 11-12	SB1.3 „кΩ“ 5-6	SB1.3 7-8	SB1.3 8-9	SB1.3 11-12
V	„–“	900	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								5	×			×							×			×		
		600		×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								4	×			×							×			×		
		120				×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								2	×			×							×			×		
		60					×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								1	×			×							×			×		
		30						×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								24	×			×							×			×		
		12							×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								23	×			×							×			×		
		3								×	×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								22	×			×							×			×		
		1,2									×	×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								21	×			×							×			×		
		0,6										×	o	o	o	o	o	o	o			×			×								20	×			×							×			×		
	„~“	900			×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		3		×	×		×		×			×				×		
		600				×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		2		×	×		×		×			×				×		
		300					×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		1		×	×		×		×			×				×		
		150						×	×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		24		×	×		×		×			×				×		
		60							×	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		23		×	×		×		×			×				×		
		15								×	×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		22		×	×		×		×			×				×		
		6									×	×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		21		×	×		×		×			×				×		
		3(dB)										×	o	o	o	o	o	o	o				×	×	×	×				×	×		20		×	×		×		×			×				×		
mA	„–“	3000											×	×	×	×	×	×	+						×								7	×			×							+			×		
		600											×	×	×	×	×	+	+						×								8	×			×							+			×		
		60											×	×	×	×	+	+	+						×								9	×			×							+			×		
		6											×	×	×	+	+	+	+						×								10	×			×							+			×		
		0,6											×	×	+	+	+	+	+						×								11	×			×							+			×		
		0,06											×	+	+	+	+	+	+						×								12	×			×							+			×		
	„~“	3000											×	×	×	×	×	+	+				×	×	×	×				×	×		8		×	×		×		+			+				×		
		300											×	×	×	×	+	+	+				×	×	×	×				×	×		9		×	×		×		+			+				×		
		30											×	×	×	+	+	+	+				×	×	×	×				×	×		10		×	×		×		+			+				×		
		3											×	×	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×	×		11		×	×		×		+			+				×		
		0,3											×	+	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×	×		12		×	×		×		+			+				×		
кΩ		×1000											×	o	o	o	o	o	o		×						×		×			×	14	×			×		×		×		×					×	×
		×100											×	o	o	o	o	o	o		×						×	×				×	15	×			×		×		×		×					×	×
		×10											×	×	+	+	+	+	+	+	+						×					+	16	×			×		+		+		+					×	+
		×1											×	×	×	+	+	+	+		+						×					+	17	×			×		+		+		+					×	+
Ω		×10											×	×	×	+	+	+	+		+						×					+	18	×			×		+			+		×	+	+		×	+

Рис. 72. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R23

$$R_и + R23 = 900 \pm 6 \text{ Ом}$$

при температуре 20° С.

Резистор R24 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

Комбинированный прибор Ц4340

Прибор с защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 50—52 и на рис. 73—77.

Таблица 50. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1000; 500; 250; 50; 10; 25; 0,5 В	Постоянный	50	—	±1
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В	Переменный	500	—	±2,5
25; 5; 2,5; 0,5 А 100; 25; 5; 1 мА 250; 50 мкА	Постоянный	—	0,75	±1
25; 5; 2,5; 0,5 А 100; 25; 5; 1 мА 250 мкА	Переменный	—	1,1	±2,5

Таблица 51. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000 В	45...60	45...400
500; 250 В	45...60	45...1000
25; 5; 2,5; 0,5 А	45...60	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...60	45...10 000

Таблица 52. **Пределы измерения сопротивления**

Предел измерения kΩ×	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА
10 000	30 МОм	40/0,3*
1000	3 МОм	25/0,3*
100	300 кОм	0,3
10	30 кОм	3
1	3 кОм	30

* Омметр питается выходным напряжением преобразователя. Ток, потребляемый преобразователем, указан в числителе. Основная погрешность ±1,5% от длины рабочей части шкалы, равной 50 мм. Напряжение питания 3,7...4,8 В.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В — переменного. Рабочая температура — 20...+40° С (без источника питания —30...+40° С), относительная влажность до 90% (при температуре 30° С), для тропического исполнения (Ц4340Т) —5...+45° С, относительная влажность до 95% (при температуре 35° С).

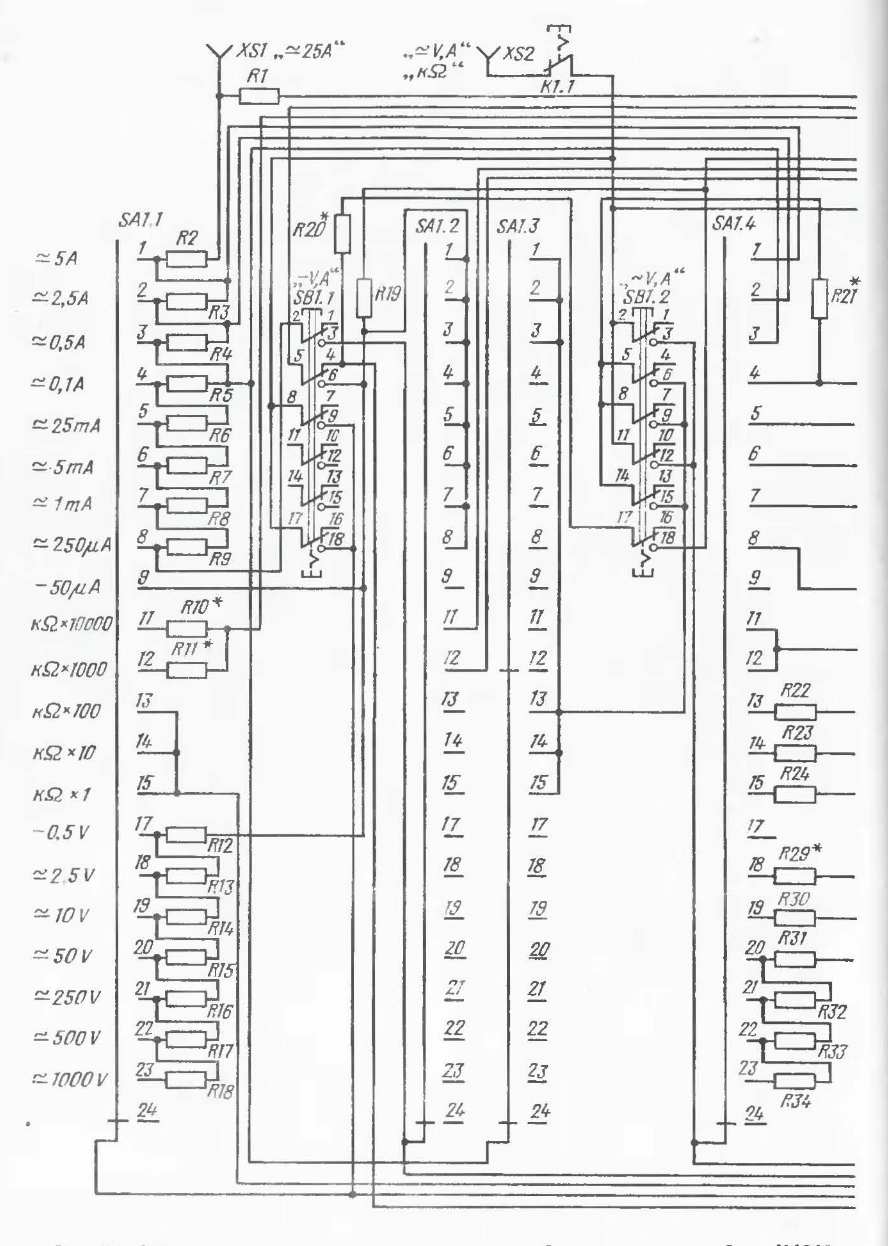
В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр.М-0,36 при натяжении 40±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА. Рамка содержит 500 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Прибор питается от встроенных батарей 3336У.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R10, R11, R19, R20, R21, R29, Р30, R41, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 53).

Таблица 53. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4340**

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,0045±0,000009 Ом, МнМц-3-12 лист 0,7	1	Шунт
R2	0,018±0,000036 Ом, МнМц-3-12 лист 0,5	1	»
R3	0,0225±0,000045 Ом, МнМц-3-12 лист 0,5	1	»
R4	0,18±0,00036 Ом, провод МнМц-3-12 I	1	
R5	0,9±0,0018 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R6	3,375±0,00675 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R7	18±0,036 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	90±0,18 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R9	337,5±0,675 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10*	МЛТ-0,5-2 МОм±5%	1	
	МЛТ-0,5-150 кОм±10%	1	Регулировочный
R11*	МЛТ-0,5-180 кОм±10%	1	
	МЛТ-0,5-27 кОм±10%	1	»
R12	С5-55-0,125-8,2 кОм±0,2%	1	
R13	С5-55-0,125-40 кОм±0,2%	1	
R14	С5-55-0,125-150 кОм±0,2%	1	
R15	С5-55-0,125-800 кОм±0,2%	1	
R16	МРХ-0,25-4 МОм±0,05 Б	1	
R17	МРХ-0,25-5 МОм±0,05 Б	1	
R18	МРХ-0,5-10 МОм±0,05 Б	1	
R19*	До 1200 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R20*	До 1000 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R21*	До 0,9 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R22	С-55-0,125-20,7 кОм±0,5%	1	
R23	С5-55-0,125-2,02 кОм±0,5%	1	
R24	197,4±0,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R25	С5-55-0,125-3,2 кОм±0,5%	1	
R26	С5-55-0,125-1,56 кОм±0,5%	1	
R27	156,6±0,8 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R28	17,4±0,09 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R29*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30*	До 10 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R31	С5-55-0,125-99 кОм±0,5%	1	



XS3
„*"
VD1
VD2
VT1
R42
VT3
K1
VD7
PA1
R35
t°
R36
C1
VT2
R43
VT4
R44
T1
R37
C2
R38
R39
VD4
VD3
„кΩ"
SB1.3
GB2
4,5В
SB2
R45
R46
C3
„Контр. пит"
R25
R26
R27
R28
VD6
VD5
T2
C4
R41*
R40
GB1
4,5В
VT5
VT6

Рис. 73. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4340

Окончание табл. 5.3.

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R32	С5-55-0,125-400 кОм ± 0,2%	1	
R33	С5-55-0,125-500 кОм ± 0,2%	1	
R34	МЛТ-0,5-430 кОм ± 5%	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-560 кОм ± 10%	1	1 ± 0,005 МОм
R35	ММТ-8-270 Ом ± 20%	1	Терморезистор
R36	250 ± 1,2 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R37	С5-55-0,125-3,9 кОм ± 0,5%	1	
R38	С5-55-0,125-3,9 кОм ± 0,5%	1	
R39	МЛТ-0,5-1 МОм ± 10%	1	
R40	МЛТ-0,5-560 Ом ± 5%	1	
R41*	МЛТ-0,5-3,9 кОм ± 10%	1	Регулировочный
R42	МЛТ-0,5-120 кОм ± 5%	1	
R43	МЛТ-0,5-39 кОм ± 5%	1	
R44	МЛТ-0,5-68 Ом ± 5%	1	
R45	СП3-9а-4,7 кОм ± 20%	1	
R46	МЛТ-0,5-100 кОм ± 5%	1	
	Конденсаторы		
C1	КЛС-1в-М47-150 пФ ± 10%	1	
C2	КЛС-1а-М47-150 пФ ± 10%	1	
C3	МБМ-160-0,1 ± 10%	1	
C4	К50-6-15-5-БИ	1	
	Диоды		
VD1 — VD4 VD6	КД521Г	5	
VD5	Д226Б	1	
VD7	Д9Д	1	
	Транзисторы		
VT1, VT2, VT4	МП113	3	
VT3	П403	1	
VT5, VT6	МП41	2	

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний (или установки режимов работы):

R10, R11 — на пределах измерения сопротивления × 10 000 и × 1000 кОм соответственно,

R19 — на одном из пределов постоянного тока,

R20 — при измерении переменного тока и напряжения,

R29 — на пределе 2,5 В переменного напряжения,

R30 — на пределе 10 В переменного напряжения,

R41 — для установки выходного напряжения встроенного преобразователя напряжения таким образом, чтобы на пределах ×10 000 и ×1000 кОм можно было килоомметр установить на «нуль».

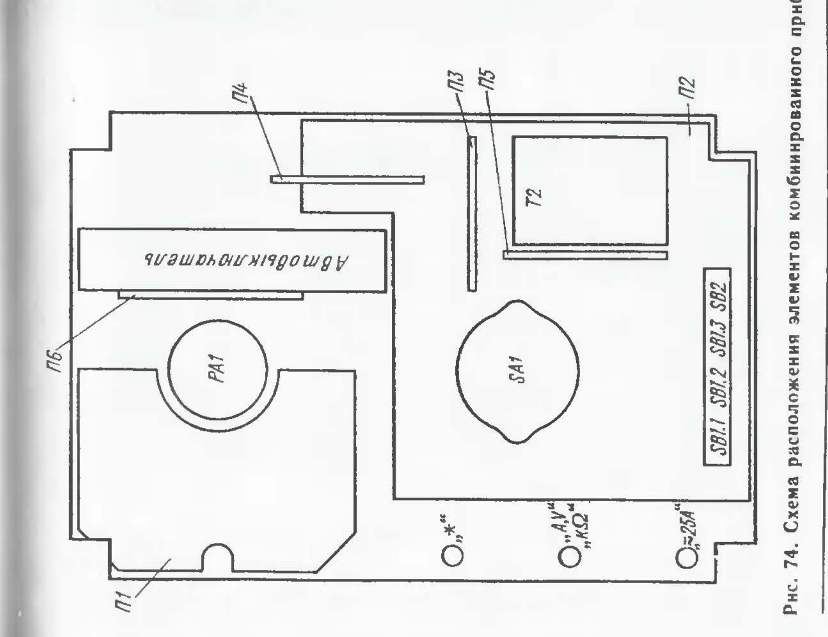


Рис. 74. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4340

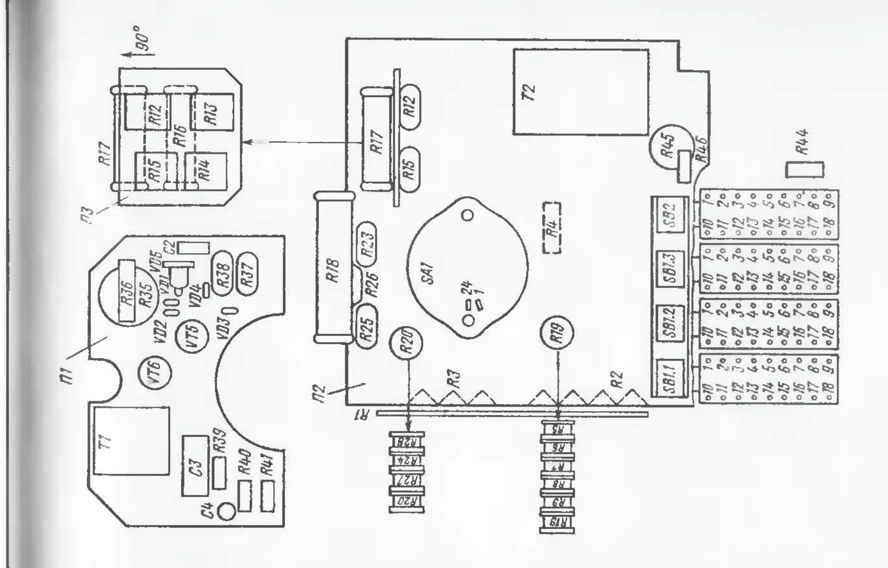


Рис. 75. Схема расположения элементов на платах П1 — П3, резисторных сборках и расположения секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4340

Пределы			Элементы																																						
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38
V	„–“	1000												×	×	×	×	×	×	×	×																×	×		
		500												×	×	×	×	×	×		×																×	×		
		250												×	×	×	×	×			×																×	×		
		50												×	×	×	×				×																×	×		
		10												×	×	×					×																×	×		
		2,5												×	×						×																×	×		
		0,5												×							×																×	×		
	„~“	1000																				×											⊗	⊗	⊗	⊗	×	×	×	×
		500																				×											⊗	⊗	⊗		×	×	×	×
		250																				×											⊗	⊗			×	×	×	×
		50																				×											⊗				×	×	×	×
		10																				×										⊗					×	×	×	×
		2,5																				×									⊗						×	×	×	×
A	„–“	25	+	×	×	×	×	×	×	×	×										×																×	×		
		5	+	+	×	×	×	×	×	×	×										×																×	×		
		2,5	+	+	+	×	×	×	×	×	×										×																×	×		
		0,5	+	+	+	+	×	×	×	×	×										×																×	×		
		0,1	+	+	+	+	+	×	×	×	×										×																×	×		
mA		25	+	+	+	+	+	+	×	×	×										×																×	×		
		5	+	+	+	+	+	+	+	×	×										×																×	×		
		1	+	+	+	+	+	+	+	+	×										×																×	×		
		0,25	+	+	+	+	+	+	+	+	+										×																×	×		
		0,05																			×																×	×		
A	„~“	25	+	⊗	⊗	⊗																×	⊗														×	×	×	×
		5	+	+	⊗	⊗																×	⊗														×	×	×	×
		2,5	+	+	+	⊗																×	⊗														×	×	×	×
		0,5	+	+	+	+																×	⊗														×	×	×	×
		0,1																				×															×	×	×	×
mA		25																				×															×	×	×	×
		5																				×															×	×	×	×
		1																				×															×	×	×	×
		0,25																				×															×	×	×	×
кΩ		×10000										×															○	○	○	○							×	×		
		×1000											×														○	○	○	○							×	×		
		×100																						+			×	+	+	+							×	×		
		×10																							+		×	×	+	+							×	×		
		×1																								+	×	×	×	+							×	×		

Рис. 76. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4340

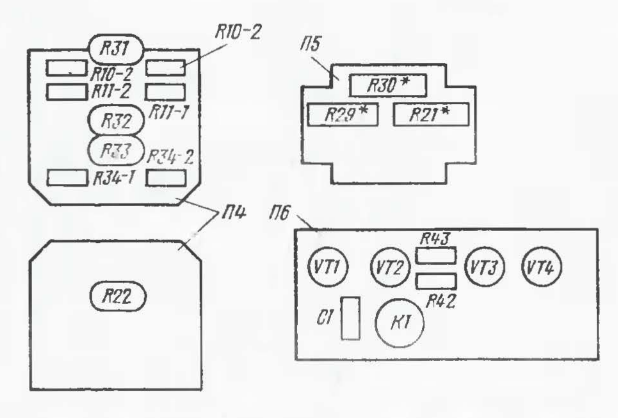


Рис. 77. Схема расположения элементов на платах П4 — П6 прибора Ц4340

R39,C3	R45	R46	VD3,VD4	T1	GB1	SA1.1	SA1.2	SA1.3	SA1.4	SB1.1					SB1.2						SB1.3						T2	VD5	VD6	SB2		
										2-3	4-5	5-6	8-9	17-18	2-3	5-6	8-9	11-12	14-15	17-18	2-3	5-6	8-9	10-11	14-15	17-18				7-8	10-11	13-14
						23						3	×	×																×	×	
						22						3	×	×																×	×	
						21						3	×	×																×	×	
						20						3	×	×																×	×	
						19						3	×	×																×	×	
						18						3	×	×																×	×	
						17						3	×	×																×	×	
			×	×					23		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					22		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					21		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					20		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					19		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					18		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
						1	1	1		×		3																		×	×	
						1	1	1		×		3	+	+																×	×	
						2	2	2		×		3	+	+																×	×	
						3	3	3		×		3	+	+																×	×	
						4	4			×		3	+	+																×	×	
						5	5			×		3	+	+																×	×	
						6	6			×		3	+	+																×	×	
						7	7			×		3	+	+																×	×	
						8	8			×		3	+	+																×	×	
							9					3	×	×																×	×	
			×	×				1	1		3					⊗	⊗		⊗					×						×	×	
			×	×				1	1		3				+	⊗	⊗	+	⊗					×						×	×	
			×	×				2	2		3				+	⊗	⊗	+	⊗					×						×	×	
			×	×				3	3		3				+	⊗	⊗	+	⊗					×						×	×	
			×	×					4		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					5		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					6		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					7		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					8		3				⊗			⊗						×						×	×	
×	×				+	11	11		11												×	○	3		×	+	+	+	+			○
×	×				+	12	12		12												×	○	3		×	+	+	+				○
	×				+	13		13	13												×	×	3		+	+						×
	×				+	14		14	14												×	×	3		+	+						×
	×				+	15		15	15												×	×	3		+	+						×

Комбинированный прибор Ц4341

Прибор (авометр — испытатель транзисторов) предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного синусоидального тока и напряжения, сопротивления постоянному току, а также параметров маломощных (менее 150 мВт) транзисторов. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 54—56 и на рис. 78—82.

Таблица 54. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 300; 150; 60; 30; 6; 1,5; 0,3 В	Постоянный	60	—	±2,5
750; 300; 150; 30; 7,5; 1,5 В	Переменный	300	—	±4

Окончание табл. 5.4

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 60; 6; 0,6 мА 60 мкА	Постоянный	—	0,3	±2,5
300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,3	±4

Таблица 55. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
750 В	45...500	45...2000
300 В	45...1000	45...5000
150 В	45...1000	45...15 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...5000	45...20 000

Таблица 56. **Пределы измерения сопротивления**

Предел измерения kΩ×	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В
0,1	0,5 кОм	80	3,7...4,8
1	5 кОм	8	3,7...4,8
10	50 кОм	0,8	3,7...4,8
100	500 кОм	0,08	3,7...4,8
MΩ×1	5 МОм	0,08	37...48

Примечание. Основная погрешность ±2,5% при длине рабочей части шкалы, равной 86 мм.

Входное сопротивление прибора равно 16,7 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3,3 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха −10...+40° С и относительной влажности до 80% (при температуре 30° С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20М-0,25 при натяжении 60±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5±0,5 мкА. Рамка содержит 370—465 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Измеряют обратный ток коллектора $I_{КБ0}$, начальный ток коллектора $I_{К.Н}$ на пределе 60 мкА с точностью ±2,5%. Статический коэффициент передачи тока транзистора по схеме с общим эмиттером измеряют в пределах 70...350 с точностью ±10%.

Сопротивление всех резисторов прибора, за исключением R25, R26, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 57).

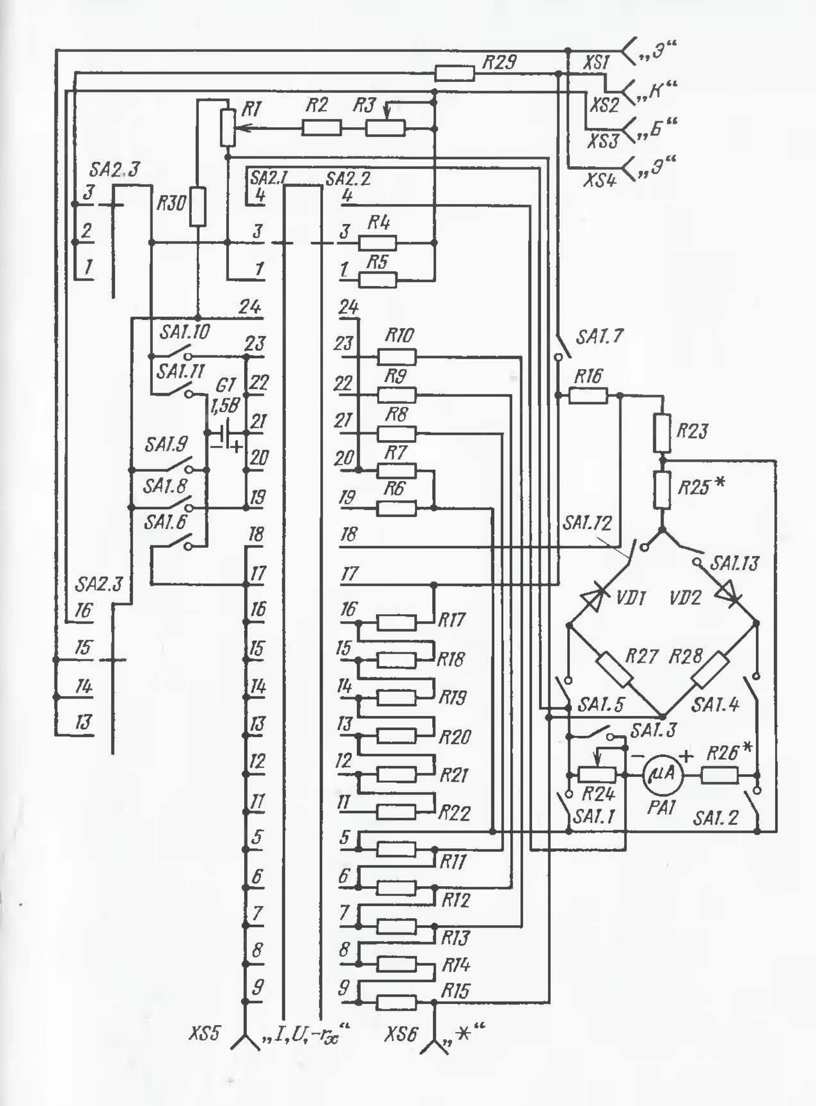


Рис. 78. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4341

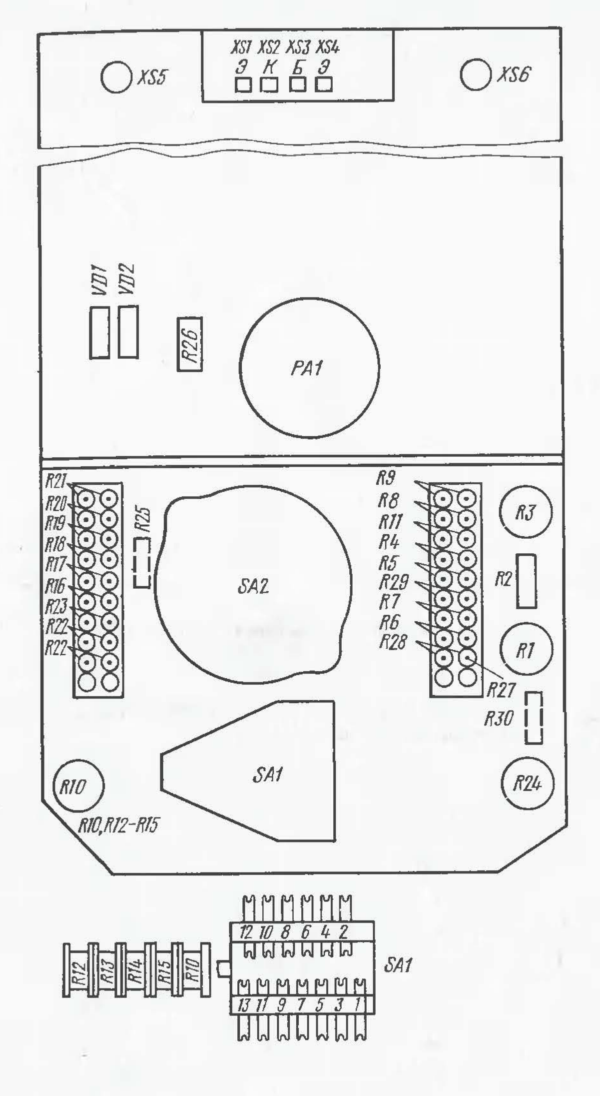
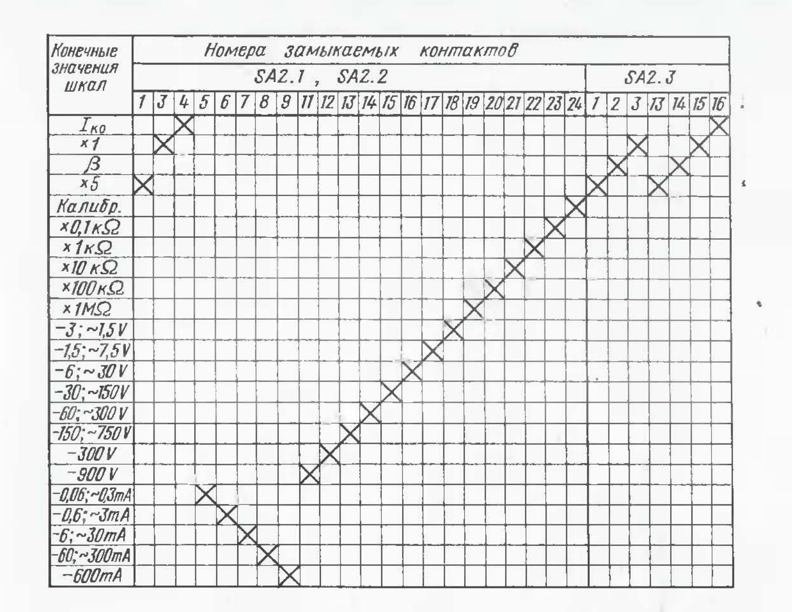


Рис. 79. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4341

Род работы SA1	Номера замыкаемых контактов												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
~			X	X	X							X	X
—		X	X		X								
r_x		X			X	X							
p-n-p		X			X		X	X			X		
n-p-n	X			X			X		X	X			

Рис. 80. Матрица замыкаемых контактов переключателя SB1 прибора Ц4341



Конечные значения шкал	Номера замыкаемых контактов																												
	SA2.1 , SA2.2																						SA2.3						
	1	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	13	14	15	16
$I_{ко}$			X																										X
×1		X																							X			X	
β																								X			X		
×5	X																						X			X			
Калибр.																						X							
×0,1kΩ																					X								
×1kΩ																				X									
×10 kΩ																			X										
×100kΩ																		X											
×1MΩ																	X												
−3; ~1,5V																X													
−1,5; ~7,5V															X														
−6; ~30V														X															
−30; ~150V													X																
−60; ~300V												X																	
−150; ~750V											X																		
−300V										X																			
−900V									X																				
−0,06; ~0,3mA				X																									
−0,6; ~3mA					X																								
−6; ~30mA						X																							
−60; ~300mA							X																						
−600mA								X																					

Рис. 81. Матрица замыкаемых контактов переключателя SB2 прибора Ц4341

Таблица 57. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4341**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	СП3-9а-25-100 кОм ±20%	1	
R2	МЛТ-0,5-3 кОм ±5%	1	
R3	СП3-9а-25-1,5 МОм ±30%	1	
R4	МЛТ-0,5-51 кОм ±5% МЛТ-0,5-56 кОм ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 108 ±0,54 кОм
R5	МЛТ-0,5-270 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 540 ±2,7 кОм
R6	МЛТ-0,5-300 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 590 ±6,0 кОм
R7	МЛТ-0,5-22 кОм ±5% МЛТ-0,5-36 кОм ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 58 ±0,6 кОм
R8	МЛТ-0,5-2 кОм ±5% МЛТ-0,5-3,6 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление 5,58 ±0,06 кОм
R9	МЛТ-0,5-200 Ом ±5% МЛТ-0,5-360 Ом ±5%	1 1	Суммарное сопротивление 558 ±5,5 Ом
R10	53 ±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R11	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±5% МЛТ-0,5-1,6 кОм ±5%	1	Суммарное сопротивление 3150 ±15 Ом
R12	315 ±1,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R13	31,5 ±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R14	3,15 ±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R15	0,35 ±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	
R16	МЛТ-0,5-10 кОм ±5%	2	Суммарное сопротивление 20 ±1 кОм

Пределы	V														mA									MΩ	kΩ				p-n-p				n-p-n			
	"–"								"~"						"–"					"~"				×1	×100	×10	×1	×0,1								
	900	300	150	60	30	6	1,5	0,3	750	300	150	30	7,5	1,5	600	60	6	0,6	0,06	300	30	3	0,3						$I_{ко}$	×1	β	×5	$I_{ко}$	×1	β	×5
SA2.1	11	12	13	14	15	16	17	18	13	14	15	16	17	18	9	8	7	6	5	8	7	6	5	19	20	21	22	23	4	3		1	4	3		1
SA2.2	11	12	13	14	15	16	17	18	13	14	15	16	17	18	9	8	7	6	5	8	7	6	5	19	20	21	22	23	4	3		1	4	3		1
SA2.3																													16	3/16	2/14	1/13	16	3/15	2/14	1/13
Элементы: SA1 13									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×													
SA1 12									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×													
SA1 11																													×	×	×	×				
SA1 10																																	×	×	×	×
SA1 9																																	×	×	×	×
SA1 8																													×	×	×	×				
SA1 7																													×	×	×	×	×	×	×	×
SA1 6																								+	+	+	+	+								
SA1 5	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
SA1 4									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×										×	×	×	×
SA1 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×													
SA1 2	×	×	×	×	×	×	×	×							×	×	×	×	×					×	×	×	×	×	×	×	×	×				
SA1 1																																	×	×	×	×
GB1																								+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×
VD2									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×													
VD1									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×													
R30																														×	×	×		×	×	×
R29																														o	o	o		o	o	o
R28									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×										×	×	×	×
R27	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
R26	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
R25									×	×	×	×	×	×						×	×	×	×													
R24																								×	×	×	×	×		×	×	×		×	×	×
R23	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×															×	×	×	×	×	×	×	×
R22	×																																			
R21	×	×																																		
R20	×	×	×						×																											
R19	×	×	×	×					×	×																										
R18	×	×	×	×	×				×	×	×																									
R17	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×																								
R16	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×																×	×	×	×	×	×	×	×
R15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
R14	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
R13	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	+	+	+	×	+	+	+	+	+	+	+	×	o	o	o	o	o	o	o	o
R12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	+	+	×	×	+	+	+	+	+	×	×	o	o	o	o	o	o	o	o
R11	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	+	×	×	×	+	+	+	×	×	×	o	o	o	o	o	o	o	o
R10																												+								
R9																											+									
R8																										+										
R7																									+											
R6																								+												
R5																																×				×
R4																														×				×		
R3																														×	×	×		×	×	×
R2																														×	×	×		×	×	×
R1																														×	×	×		×	×	×

Рис. 82. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4341

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R17	МЛТ-0,5-36 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 75±0,37 кОм
	МЛТ-0,5-39 кОм±5%	1	
R18	МЛТ-0,5-200 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 400±2 кОм
R19	МЛТ-0,5-200 кОм±5%	1	Суммарное сопротивление 500±2,5 кОм
	МЛТ-0,5-300 кОм±5%	1	
R20	МЛТ-0,5-750 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 1,5±0,0075 МОм
R21	МЛТ-0,5-1,2 МОм±5%	1	Суммарное сопротивление 2,5±0,012 МОм
	МЛТ-0,5-1,3 МОм±5%	1	
R22	МЛТ-0,5-2 МОм±5%	2	Суммарное сопротивление 10±0,05 МОм
	МЛТ-0,5-3 МОм±5%	2	
R23	МЛТ-0,5-2 кОм±5%	2	Суммарное сопротивление 3,97±0.018 кОм
R24	СП3-9а-3,3 кОм±20%	1	
R25*	МЛТ-0,5-(51...300) Ом±5%	1	
R26*	МЛТ-0,5-(220...560) Ом±5%	1	
R27	МЛТ-0,5-430 Ом±5%	1	Допускается различие значений не более 1%
R28	МЛТ-0,5-430 Ом±5%	1	
R29	МЛТ-0,5-240 ОМ±5%	1	Суммарное сопротивление 510±2,5 Ом
	МЛТ-0,5-270 ОМ±5%	1	
R30	МЛТ-0,5-62 кОм±5%	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R26

$$R_и + R26 = 635 \pm 3 \text{ Ом},$$

при температуре 20° С.

Резистор R25 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

Комбинированный прибор Ц4352

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 58—60 и на рис. 83—85.

Таблица 58. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 600; 300; 150; 60; 30; 6; 1,5; 0,3; 0,075 В	Постоянный	1,53 0,306	—	±1
900; 600; 300; 150; 60; 30; 6 В 1,5 В 0,3 В	Переменный	1,53 1,02 5,1	—	±1,5
6; 1,5; 0,6; 0,15 А 60; 15; 6 мА 1,5 мА 0,3 мА	Постоянный		0,65 0,3 0,08	±1
6; 1,5; 0,6; 0,15 А 60; 15; 6; 1,5; 0,3 мА	Переменный	—	0,65	±1,5

Таблица 59. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900, 600 В	45...60	45...1000
300, 150, 60 В	45...60	45...2000
Остальные пределы напряжения и тока	45...60	45...10 000

Таблица 60. Пределы измерения сопротивлений

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей шкалы, мм
Ω	300 Ом	22	3,7...4,7	58
kΩ×1	3 кОм	20	3,7...4,7	67
kΩ×10	30 кОм	2	3,7...4,7	
kΩ×100	300 кОм	0,8	11...14	
MΩ	3 МОм	0,8	120...160	

Примечание. Основная погрешность ±1%.

Входное сопротивление прибора 0,65 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений. Рабочая температура 10...35° С, относительная влажность воздуха до 80% при температуре 25° С.

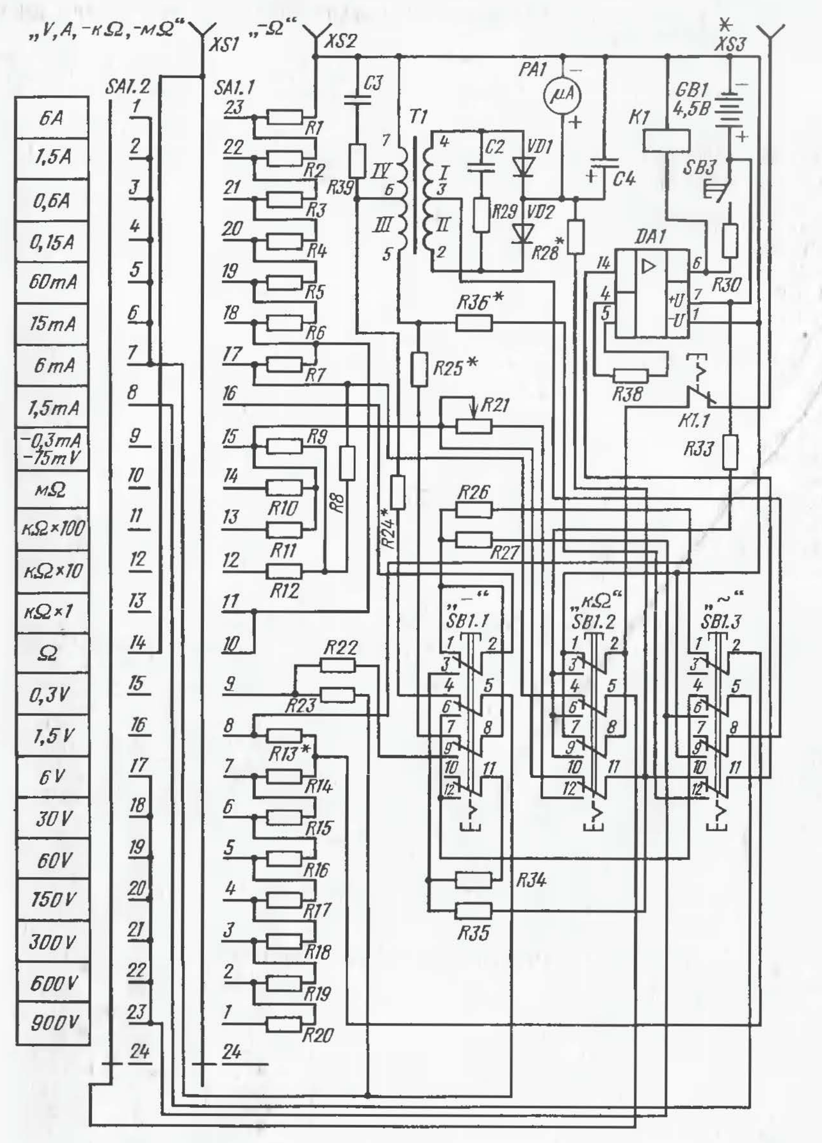


Рис. 83. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4352

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр20М-0,5 с натяжением 55±5 г. Ток полного отклонения 300 мкА и сопротивление подвижной рамки 50 Ом, содержащей 100—120 витков провода ПЭВ-1 0,06.

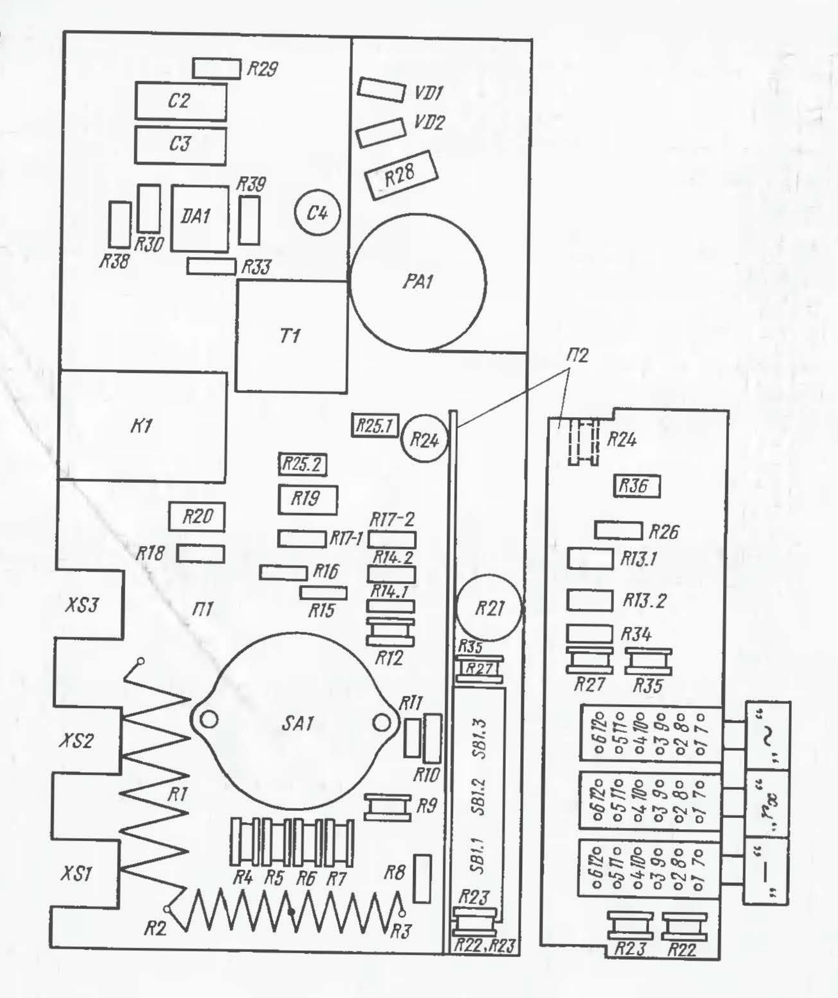


Рис. 84. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4352

В приборе используется встроенный источник питания из трех элементов типа 316.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R13, R24, R25, R28 и R36, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 61).

Рис. 85. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4352. (З — цепи защиты) →

Таблица 61. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4352**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	0,05±0,00005 Ом, лист МнМц-2-12 0,5	1	Шунт
R2	0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R4	1,5±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R5	3±0,003 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	С2-29В-0,125-150 Ом±0,25%-1,0-Б	1	
R9	390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10	С2-29В-0,25-246 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R11	С2-29В-0,125-24 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R12	2070±10 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R13*	МЛТ-0,5-330 Ом±5% МЛТ-0,5-56 Ом±10%	1 1	Последовательно 360...410 Ом
R14	С2-29В-0,125-2,21 кОм±±0,25%-1,0-Б МЛТ-0,5-470 кОм±10%	1 1	Параллельно
R15	С2-29В-0,125-16 кОм±±0,25%-1,0-Б	1	
R16	С2-29В-0,125-20 кОм±±0,25%-1,0-Б	1	
R17	С2-29В-0,25-59,7 кОм±±0,25%-1,0-Б МЛТ-0,5-300 Ом±10%	1 1	Последовательно
R18	С2-29В-0,25-100 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R19	С2-29В-0,5-200 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R20	С2-29В-0,5-200 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R21	СП3-9а-11-1 кОм±20%-25	1	
R22	3000±3 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R23	50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R24*	12 Ом, провод ПЭСМ 0,2	1	До 12 Ом
R25*	МЛТ-0,5-430 Ом±5% МЛТ-0,5-82 Ом±10%	1 1	Последовательно 465...555 Ом
R26	С2-29В-0,125-1 кОм±0,25%-1,0	1	
R27	950±0,95 Ом, провод ПЭМС 0,08	1	
R28*	До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R29	МЛТ-0,5-56 кОм±10%	1	
R30	МЛТ-0,5-56 Ом, ±10%	1	
R33	С2-29В-0,125-223 Ом±0,25%-1,0	1	
R34	С2-29В-0,125-150 Ом±0,25%-1,0	1	
R35	550±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R36	МЛТ-0,5-(1...39) кОм±10%	1	
R38	МЛТ-0,5-60 Ом±10%	1	
R39	МЛТ-0,5-15 кОм±10%	1	
	Конденсаторы		
C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ±10%	1	
C3	МБМ-160 В-0,1 мкФ±20%	1	
C4	К50-6-1-6,3 В-100 мкФ-БИ	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
VD1, VD2	Диод Д9Д	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	
PA1	Механизм измерительный 3.253.039	1	
K1	Реле автовыключателя 4.568.003	1	
T1	Трансформатор 5.728.013	1	

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

R13 — при измерении переменного напряжения;

R24 — при измерении переменного тока;

R25 — при измерении переменного тока на пределе 1,5 мА;

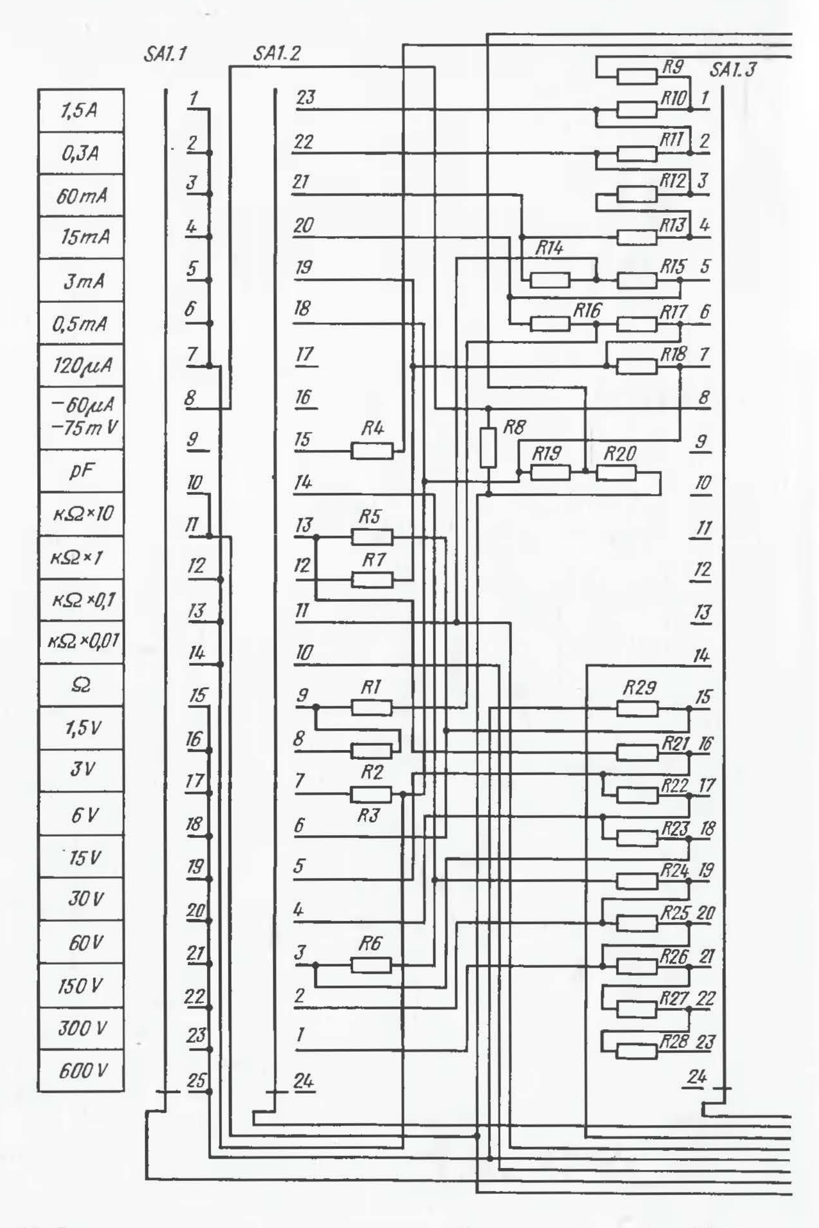
R28 — при измерении постоянного тока и напряжения.

Комбинированный прибор Ц4353

Прибор электроизмерительный комбинированный с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 62—64 и на рис. 86—88.

Таблица 62. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600, 300, 150, 60, 30, 15, 6, 3, 1,5 В 75 мВ	Постоянный	55 65	—	±1,5
600, 300, 150, 60, 30, 15 В 6 В 3; 1,5 В	Переменный	550 650 5200	—	±2,5
1500, 300, 60, 15, 3, 0,6 мА, 120 мкА 60 мкА	Постоянный	—	0,5 0,08	±1,5
1500, 300, 60, 15, 3, 0,6 мА	Переменный	—	1,5	±2,5



XS1 „pF"
XS2 „*"
XS3 „V,A,−Ω" „kΩ"
K1.1
C1*
R32*
C2
GB1 4,5B
SB3
K1
R36
R37
DA1
R33
„−" SB1.1
„kΩ" SB1.2
„~" SB1.3
VD1
VD2
PA1
R30
R31
R34*
R35
R38
R39
C3

K R39
SA1.2
SA1.
R5
R21
R22
R23
R6
R24
R25
K R26

R5 − C2−23B−0,125−28,7 кОм ± 0,25% −1,0−Б
R6 − C2−23B−0,125−2B7 кОм ± 0,25% −1,0−Б
R21 − МЛТ−0,5−1,3 кОм ± 5%
R24 − МЛТ−0,5−13 кОм ± 5%

Рис. 86. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4353

Таблица 63. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...70	45...200
300 В	45...100	45...500
150 В	45...200	45...500
60 В	45...1000	45...2000
Остальные пределы напряжения и тока	45...2000	45...5000

Таблица 64. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	300 Ом	9,0	3,7...4,7	62	±1,5
kΩ×0,01	5 кОм	9,0	3,7...4,7	58	±1,5
kΩ×0,1	50 кОм	0,9	3,7...4,7	58	±1,5
kΩ×1	500 кОм	0,09	3,7...4,7	58	±1,5
kΩ×10	5000 кОм	0,09	33...43	58	±1,5
pF	0,5 мкФ	0,21	190...245 f=50±1 Гц	58	±2,5
dB	—10...+12	5,2	—	49	±2,5

Входное сопротивление прибора 18 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 1,8 кОм/В — переменного. Прибор применяется при температуре окружающего воздуха —10...+40° С, относительной влажности воздуха до 90% (при температуре 30° С).

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр20-0,25 с натяжением 40±5 г и током полного отклонения 42,5 мкА. Сопротивление подвижной рамки 632±±3 Ом, содержащей 400±2 витков провода ПЭВ-1 0,05.

В приборе применяется встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «dB» непосредственно. При измерении на других пределах измерения переменного напряжения к показателям прибора необходимо прибавить числа, указанные в табл. 65.

Таблица 65. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	1,5	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—6	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R32 и R34, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 66).

Таблица 66. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4353**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	125±0,25 Ом, провод 0,15	1	
R2, R19	300±0,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R3	С2-29В-0,125-8,87 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R4	МЛТ-0,5-1,1 МОм±10%	1	
R5	С2-29В-0,125-28,7 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R6	С2-29В-0,125-287 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R7	С2-29-0,125-4,99 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R8	375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-1,1	1	Шунт
R10	0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-1,1	1	»
R11	2,4±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R12	9±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R13	3±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R14	15±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R15	30±0,06 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R16, R17	С2-29В-0,125-120 Ом±0,25%-1,0-Б	2	
R18, R20	С2-29В-0,125-1,2 кОм±0,25%-1,0-Б	2	
R21	МЛТ-0,5-1,3 кОм±5%	1	
R22	С2-29В-0,125-59,7 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R23	С2-29В-0,125-180 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R24	МЛТ-0,5-13 кОм±5%	1	
R25	С2-29В-0,125-597 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R26	С2-29В-0,125-1,8 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R27	С2-29В-0,5-3,01 МОм±0,25%-1,0-Б	1	
R28	МЛТ-0,5-3 МОм±5%	2	Суммарное значение 6±0,018 МОм
R29	С2-29В-0,125-28 кОм±0,25%-1,0-Б	1	
R30	МЛТ-0,5-620 Ом±5%	1	
R31	600±1,2 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R32*	МЛТ-0,5-2,4 кОм±5%	1	Суммарное значение 2480...2980 Ом
	МЛТ-0,5-(220...430) Ом±5%	1	
R33	С2-29-0,125-549 Ом±0,25%-1,0-Б	1	
R34*	До 370 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R35	СП3-9а-11-3,3 кОм±20%-25	1	
R36	МЛТ-0,5-56 Ом±10%	1	
R37	МЛТ-0,5-680 Ом±10%	1	
R38, R39	МЛТ-0,5-750 Ом±5%	2	
	Конденсаторы		
C1	КБГИ-200В-0,05 мкФ±5%	1	Суммарное значение 0,05...0,06 мкФ
	К31-11-3-Б (0,0027...0,01) мкФ	1	
C2	К31-11-3-Б-3300 пФ±5%	1	
C3	К50-6-10 В-10 мкФ-БИ	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	
	Микросхема		
DA1	КМП201УП1А	1	

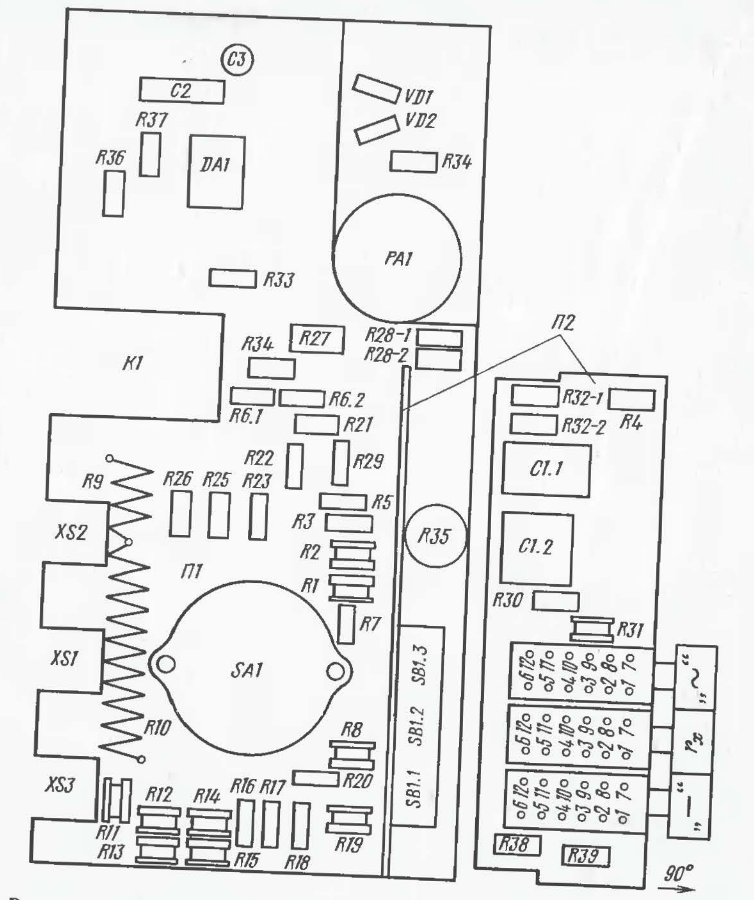


Рис. 87. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4353

Элементы / Пределы	V „1“ 600	300	150	60	30	15	6	3	1,5	V „2“ 600	300	150	60	30	15	6	3	1,5	„—“ 1,5A	0,3A	60mA	15mA	3mA	0,5mA	120μA	-60μA	-75mV	„~“ 1,5A	0,3A	60mA	15mA	3mA	0,5mA	kΩ ×10	×1	×0,1	×0,01	Ω	pF
R1																	×	×																					
R2																	×																						
R3																×																							
R4																																							+
R5	×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×																				×	×				
R6	×	×	×	×	×					×	×																							×					
R7																																				×			
R8																										×	×												
R9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	o	o	+	+	+	+	+	+	o	o	o	+	o	
R10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	+	+	+	+	+	+	o	o	+	+	+	+	+	+	o	o	o	+	o	
R11	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	+	+	+	+	+	o	o	×	+	+	+	+	+	o	o	o	+	o	
R12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	+	+	+	+	o	o	×	×	+	+	+	+	o	o	o	+	o	
R13	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	+	+	+	o	o	×	×	+	+	+	+	o	o	o	+	o	
R14	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	+	+	+	o	o	×	×	×	+	+	+	o	o	o	+	o	
R15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	+	+	+	o	o	×	×	×	+	+	+	o	o	o	×	×	
R16	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	+	+	o	o	×	×	×	×	+	+	o	o	o	×	×	
R17	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	+	+	o	o	×	×	×	×	+	+	o	o	o	×	×	
R18	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	+	o	o	×	×	×	×	×	+	o	o	×	×	×	
R19	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	×	×	×	×	×	×	o	o	×	×	×	
R20	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×	×	×	×	o	o							o	o	×	×	×	
R21	×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×																				×					
R22	×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×																					×					
R23	×	×	×	×	×	×				×	×	×																						×					
R24	×	×	×	×	×					×	×																												
R25	×	×	×	×						×																													
R26	×	×	×																																				
R27	×	×																																					
R28	×																																						
R29	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×																			×	×				
R30										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						×
R31	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×
R32										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						+
R33																																		×	×	×	+	+	
R34	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
R35																																		×	×	×	×	×	×
R38	×	×	×	×	×	×	×	×	×																														
R39	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×																×	×				
VD1										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						×
VD2										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						×
C1																																							+
C2																																							+
SAI.1	23	22	21	20	19	18	17	16	15										1	2	3	4	5	6	7	8	8							10	11	12	13	14	
SAI.2										1	2	3	4	5	6	7	8	9										23	22	21	20	19	18					10	15
SAI.3	23	22	21	20	19	18	17	16	15										1	2	3	4	5	6	7	8	8							14	13	12	11	14	
SB1.1 1-2																																		×	×	×	+	+	
SB1.1 2-3																																							+
SB1.1 4-5	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×	×							o	o	o	+	+	
SB1.1 5-6										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						×
SB1.1 7-8	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×	×	×	×	×	×							o	o	×	×		×
SB1.1 8-9										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						×
SB1.1 10-11																																		×	×	×	+	+	
SB1.1 11-12										×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×						×
SB1.2 1-2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	×	×	+	+	+	+	+	+						
SB1.2 2-3																																		×	×	×	+	+	+
SB1.2 4-5										З	З	З	З	З	З	З	З	З										×	×	×	×	×	×						
SB1.2 5-6																																		З	З	З	З		
SB1.2 8-9																																						×	
SB1.2 10-11	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						
SB1.3 1-2										×	×	×	×	×	×	×	×	×										+	+	+	+	+	+	×	×	×	+		+
SB1.3 2-3	×	×	×	×	×	×	×	×	×										+	+	+	+	+	+	+	×	×											+	
SB1.3 4-5										З	З	З	З	З	З	З	З	З										З	З	З	З	З	З	З	З	З	З		З
SB1.3 5-6	З	З	З	З	З	З	З	З	З										З	З	З	З	З	З	З	З	З												
SB1.3 8-9																																						×	
SB1.3 10-11										×	×	×	×	×	×	×	×	×																×	×				
SB1.3 11-12	×	×	×	×	×	×	×	×	×																														

Рис. 88. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4353 (З — цепи защиты) →

Резистор R34 применяется для подготовки показаний на постоянном токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R34 (в омах) определяется по формуле

$$R_и + R34 = \{[632 + 0{,}004(t-20)R_и] \pm 3\},$$

где t — температура, при которой производится подгонка, °С.

На переменном токе прибор калибруется резистором R33 на пределе 1,5 В.

Комбинированный прибор Ц4354

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 67—69 и на рис. 89—91.

Таблица 67. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600, 300, 150, 60, 30, 15, 6, 3, 0,75 В 75 мВ	Постоянный	12,3	—	±2,5
600, 300, 150, 60, 30, 15 В 6,3 В 0,75 В	Переменный	130 620 3300	—	±4
1500, 300, 60, 15, 3, 0,6 мА 120, 12 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
1500, 300, 60, 15, 3, 0,6, 0,12 мА	Переменный	—	1,1	±4

Таблица 68. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...60	45...100
300 В	45...100	45...200
150 В	45...200	45...400
Остальные пределы напряжения и тока	45...1000	45...2000

Таблица 69. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Источник питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
kΩ×1	3 кОм	18,000			
kΩ×10	30 кОм	1,800			
kΩ×100	300 кОм	0,180	3,7...4,7	67	2,5
kΩ×1000	3 МОм	0,018			
MΩ×10	30 МОм	15,018		63	4
μF	0,1 мкФ	0,200	190...245 =(50±1) Гц		
dB	—10±12	0,620	—	54	4

Входное сопротивление прибора составляет не менее 81 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 7,7 кОм/В при измерении переменного напряжения.

Используется при температуре окружающего воздуха 10...35° С и относительной влажности воздуха до 80% при температуре 25° С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,1 при натяжении 30±5 Г с внутрирамочным магнитом и током полного отключения 10 мкА. Сопротивление подвижной рамки 2000 Ом, она содержит 730...750 витков провода ПЭВ-0,02.

В приборе применяется встроенный источник питания — три элемента 316.

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «dB» непосредственно. При переходе на другие пределы измерений к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 70.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R30, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 71).

Таблица 70. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	0,75	1,5	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—12	—6	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Таблица 71. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4354**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	0,1±0,0005 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R2	0,4±0,002 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R3	С2-29В-0,25-2 Ом±0,5%-1,0 В	1	
R4	С2-29В-0,125-7,5 Ом±0,5%-1,0 В	1	
R5	С2-29В-0,125-75 Ом±0,5%-1,0 В	1	
R6	С2-29В-0,125-1 кОм±0,5%-1,0 В	1	

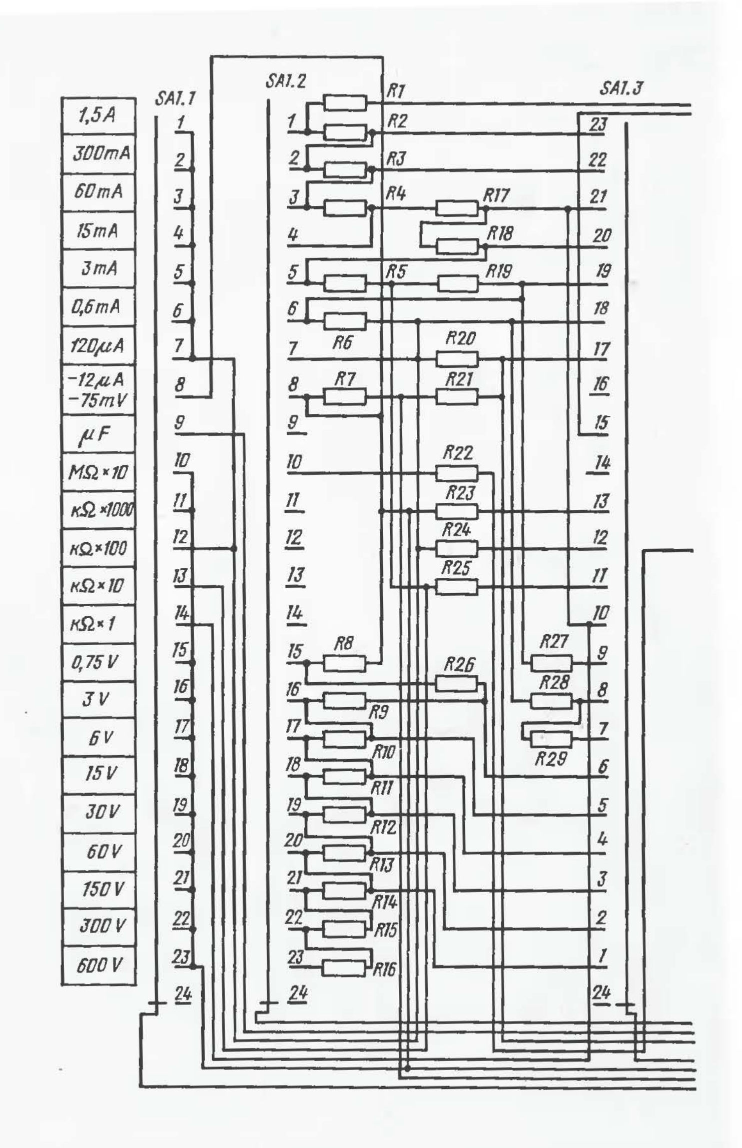


Рис. 89. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4354

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R7	С2-29В-0,125-4,17 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R8	С2-29В-0,125-56,2 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R9	С2-29В-0,125-124 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R10	С2-29В-0,125-249 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R11	С2-29В-0,125-750 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R12	С2-29В-0,25-1,24 МОм ±0,5%-1,0 В	1	
R13	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5% МЛТ-0,5-1,3 МОм ±5%	1 1	Последовательно 2,5± ±0,0125 МОм
R14	МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5% МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5%	1 1	Последовательно 7,5± ±0,0375 МОм
R15	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5% МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5%	2 1	Последовательно 12,5± ±0,0625 МОм
R16	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5% МЛТ-0,5-5,1 МОм ±5%	1 4	Последовательно 25± ±0,125 МОм
R17	С2-29В-0,125-2,52 Ом ±0,5%-1,0 В	1	
R18	С2-29В-0,125-37,4 Ом ±0,5%-1,0 В	1	
R19	С2-29В-0,125-124 Ом ±0,5%-1,0 В	1	
R20, R29	С2-29В-0,125-4,99 кОм ±0,5%-1,0 В	2	
R21	С2-29В-0,125-6,26 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R22	С2-29В-0,25-1,2 МОм ±0,5%-1,0 В С2-29В-0,25-1,5 МОм ±0,5%-1,0 В	1 1	Последовательно 2,7± ±0,0135 МОм
R23	С2-29В-0,125-264 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R24	С2-29В-0,125-25,8 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R25	С2-29В-0,125-2,32 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R26	С2-29В-0,125-62,6 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R27	С2-29В-0,125-6,65 Ом ±0,5%-1,0 В	1	
R28	С2-29В-0,125-3,92 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R30	МЛТ-0,5 (83...120) кОм ±10%	1	
R31, R38	СП5-1Б-1 кОм	2	
R32	СП3-9а-25-10 кОм ±20%	1	
R33	С2-29В-0,125-2,91 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R34, R36	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5%	2	
R35	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±10%	1	
R39	МЛТ-0,5-56 кОм ±10%	1	
R41	МЛТ-0,5-56 кОм ±10%	1	
R42	С2-29В-0,25-1,3 МОм ±0,5%-1,0 В	1	
R43	С2-29В-0,125-200 кОм ±0,5%-1,0 В	1	
R44	С2-29В-0,125-255 Ом ±0,5%-1,0 В	1	
R45	МЛТ-0,5-39 кОм ±10%	1	
R46	МЛТ-0,5-680 Ом ±10%	1	Допускается 330...1000 кОм
	Конденсаторы		
C1, C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ±10%	1	
C3	К50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Диоды		
VD4, VD5, VD8, VD9, VD12	КД521Г	5	
VD2, VD6, VD7, VD11	Д9Д	4	
VT2, VT6	Транзистор КТ316Г	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	

Рис. 90. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4354

Элементы	V "−"										V "~"									mA "−"								mA "~"							MΩ	kΩ				μF
Пределы	600	300	150	60	30	15	6	3	0,75	0,075	600	300	150	60	30	15	6	3	0,75	1500	300	60	15	3	0,6	0,12	0,012	1500	300	60	15	3	0,6	0,12	×10	×1000	×100	×10	×1	
R1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	o	o	o	+	+	+	o
R2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	o	o	o	+	+	+	o
R3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	×	+	+	+	+	+	o	×	+	+	+	+	+	o	o	o	+	+	+	o
R4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	×	×	+	+	+	+	o	×	×	+	+	+	+	o	o	o	+	+	+	o
R5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	×	×	×	×	+	+	o	×	×	×	×	+	+	o	o	o	+	+	×	o
R6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	×	×	×	×	×	×	×	+	o	×	×	×	×	×	+	o	o	o	+	×	×	o
R7	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×											×								×	×				
R8	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×																								
R9	×	×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×																									
R10	×	×	×	×	×	×	×				×	×	×	×																										
R11	×	×	×	×	×	×					×	×	×																											
R12	×	×	×	×	×						×	×																												
R13	×	×	×	×							×																													
R14	×	×	×																																					
R15	×	×																																						
R16	×																																							
R17	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	×	×	×	+	+	+	o	×	×	+	+	+	+	o	o	o	+	+	+	o
R18	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	×	×	×	+	+	+	o	×	×	×	+	+	+	o	o	o	+	+	×	o
R19	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	×	×	×	×	×	+	+	o	×	×	×	×	+	+	o	o	o	+	×	×	o
R20	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	×	×	×	×	×	×	o	o	o	×	×	×	o
R21	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×	×	×	×	o								o	o	×	×	×	
R22, R30																																			×					
R23																																				×				
R24																																					+			
R25																																						+		
R26	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×																								
R27																			×																					
R28																	×	×																						
R29																	×																							
R31	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
R32																																			×	×	×	×	×	×
R33											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
R34											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
R36											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
R38											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
R42																																								+
R43																																								×
R44																																			×	×	+	+	+	
R45											З	З	З	З	З	З	З	З	З									З	З	З	З	З	З	З						З
VD6											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
VD7											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
VD12											З	З	З	З	З	З	З	З	З									З	З	З	З	З	З	З						З
GB1, C3																																			+	×	+	+	+	
SA1.1	23	22	21	20	19	18	17	16	15	8										1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	9
SA1.2	23	22	21	20	19	18	17	16	15	8										1	2	3	4	5	6	7	8								10					
SA1.3											1	2	3	4	5	6	7	8	9									23	22	21	20	19	18			13	12	11	10	15
SB1.1 1-2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×								×	×				
SB1.1 2-3											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
SB1.1 5-6											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
SB1.1 7-8	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×								×	×	×	×	×	
SB1.1 8-9											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×						×
SB1.1 10-11																																			×	×	+	+	+	
SB1.1 11-12																																								×
SB1.2 1-2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						
SB1.2 2-3																																			×	×	+	+	+	×
SB1.2 5-6																																			+					
SB1.2 7-8	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						
SB1.2 10-11											З	З	З	З	З	З	З	З	З									З	З	З	З	З	З	З						
SB1.2 11-12																																				З	З	З	З	З
SB1.3 1-2											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×		×	+	+	+	+
SB1.3 2-3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×								×					
SB1.3 5-6																																			+					
SB1.3 7-8											×	×	×	×	×	×	×	×	×									×	×	×	×	×	×	×		×	+	+	+	+
SB1.3 8-9	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×										×	×	×	×	×	×	×	×								×					
SB1.3 10-11											З	З	З	З	З	З	З	З	З									З	З	З	З	З	З	З		З	З	З	З	З
SB1.3 11-12	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З										З	З	З	З	З	З	З	З								З					

Рис. 91. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4354 (З — цепи защиты)

Резистор R31 применяется для подгонки показаний прибора на постоянном токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R31 (в омах) определяется по формуле

$$R_и + R_{31} = [2500 + 0{,}004\,(t - 20)\,R_и] \pm 25],$$

где t — температура, при которой производится подгонка, °С.

На переменном токе прибор подстраивается резистором R38.

Список литературы

1. **Меерсон А. М.** Радиоизмерительная техника. 3-е изд. перераб. и доп.— Л.: Энергия.— 1978.— 408 с.
2. **Сапаров В. Е., Максимов Н. А.** Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике: Учеб. пособие для вузов.— М.: Радио и связь.— 1985.— 248 с.
3. **Предлагает** «Измеритель» // Радио.— 1980.— № 5.— С. 42, 43.
4. **Измерительные** приборы // Радио.— 1980.— № 6.— С. 50.
5. **Измерительные** приборы для радиолюбителей // Радио.— 1986.— № 10.— С. 40, 41.
6. **Иванов Б.** Контролирующее устройство для автомобиля // Радио.— 1983.— № 4.— С. 26.
7. **Ринский В. И.** Измерительная лаборатория радиолюбителя.— М.: Радио и связь.— 1983.— 104 с.
8. **Фролов В. В.** Радиолюбительская технология.— М.: ДОСААФ, 1975.— 134 с.

Оглавление

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1162

КУЗИН ВАСИЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ

ПЕРЕНОСНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИБОРЫ

Руководитель группы МРБ *И. Н. Суслова*
Редактор *И. Н. Суслова*
Художественный редактор *Н. С. Шеин*
Технические редакторы *И. Л. Ткаченко, А. Н. Золотарева*
Корректор *Н. В. Козлова*

ИБ № 2289

Сдано в набор 13. 09. 90 Подписано в печать 14. 08. 91 Формат 60×88/16 Бумага офсетная № 2 Гарнитура литературная Печать офсетная Усл.печ.л. 8,82 Усл.кр.отт. 9,07 Уч.изд.л. 10,69 Тираж 120 000 экз. Изд. № 23168 Заказ 1380 Цена 2 р. 90 к.

Издательство "Радио и связь" 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО "Первая Образцовая типография" Государственного комитета СССР по печати. 113054, Москва, Валовая, 28